



**Henrique Salema Ferreira Balchada**

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Análise de riscos e oportunidades em Sistemas de Gestão Integrado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e  
Gestão Industrial

Orientador: Professora Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de  
Matos, Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professora Doutora Maria Celeste Rodrigues Jacinto

Arguente: Professor Doutor Izunildo Fernandes Cabral

Vogal: Professora Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos

Vogal: Engenheira Benedita Pereira



**Setembro 2017**



## **“Análise de risco e oportunidades em Sistemas de Gestão Integrado”**

Copyright © 2017 – Henrique Salema Ferreira Balchada, FCT/UNL, UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## **Agradecimentos**

Ao longo da realização de todo este trabalho, são várias as pessoas que, de algum modo, me apoiaram e me auxiliaram, às quais desejo apresentar os meus mais sinceros agradecimentos.

A minha orientadora, a Professora Doutora Ana Sofia Matos pela sua vontade em aceitar este desafio que lhe propus e pela sua ajuda e disponibilidade para me apoiar e encaminhar sempre que necessário durante este trabalho.

À Siemens S.A., empresa que me acolheu e que me proporcionou ferramentas para a construção deste trabalho, ensinando-me técnicas valiosas a nível académico e sobre tudo profissional.

À Doutora Aurora Assis, chefe do departamento da qualidade, que sempre me acompanhou e orientou para o sucesso do meu estágio e para a realização deste trabalho de forma paciente e mostrou-se muitíssimo disponível em quaisquer eventualidades.

Um especial agradecimento à Engenheira Benedita Pereira por ter sido incansável na ajuda que me forneceu, por me ter acompanhado em todo este caminho que nem sempre foi fácil e por toda a sua confiança que depositou em mim, ajudando-me a tornar mais forte e confiante nas minhas convicções.

Quero igualmente agradecer aos restantes colaboradores da Siemens S.A. por me terem recebido com simpatia e por terem sido uma mais-valia nesta aprendizagem levando lembranças as quais nunca me irei esquecer.

Aos meus pais, pela sua permanente disponibilidade para me apoiarem no enriquecimento da minha formação académica e por terem estado sempre presentes em todos os momentos importantes da minha vida.

Por último, gostaria de agradecer a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho



## **Resumo**

A última versão da norma NP EN ISO 9001, lançada em 2015, introduziu o pensamento baseado em risco no ponto 6.1, o que levou às Organizações que procuram a certificação desenvolver uma abordagem de análise de riscos e oportunidades aos processos associados à gestão da qualidade.

O trabalho elaborado ao longo da presente dissertação tem como objetivo demonstrar como estas novas exigências podem ser cumpridas.

Foi desenvolvida e aplicada uma metodologia baseada na Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (*Failure Modes and Effects Analysis* - FMEA) a um negócio chave para o sucesso de uma organização, do ramo tecnológico, e do seu Sistema de Gestão Qualidade.

O trabalho abrangeu o negócio de Gestão de Projetos. Devido à sua complexidade e extensão foi dividido em 3 fases distintas, o “Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final”, a “Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto” e por fim o “Início do Projeto”. Depois de definidas as fases a estudar, estas foram subdivididas em etapas o que permitiu detalhar as suas funções específicas e posteriormente efetuar um mapeamento dos fatores de risco existente, identificar as suas causas, os efeitos associados e desenvolver um plano de ações de melhoria para as 3 fases estudadas.

Como suporte, ao longo do trabalho foram utilizadas duas ferramentas da qualidade sendo elas o Diagrama de Pareto e o Diagrama em Árvore. A aplicação destas ferramentas foi fundamental para uma implementação eficaz da metodologia FMEA.

Foi possível apresentar ações de melhoria para as três fases estudadas, com o intuito de num futuro próximo virem a ser implementadas e consequentemente reduzir as não conformidades e os custos associados de forma a aumentar a eficiência do negócio e do Sistema da Qualidade associado.

O presente trabalho demonstra que a FMEA é capaz de fazer cumprir os novos requisitos de qualidade da NP EN ISO 9001:2015.

### **Palavras-Chave:**

Avaliação do Risco

Análise de Modos de Falha e Efeitos

Gestão de Projetos

Número Prioritário de Risco

Sistema de Gestão da Qualidade





## **Abstract**

The latest version of the NP EN ISO 9001 standard, released in 2015, introduces a risk-based thinking in the section 6.1, which led the organizations that where seeking for a certification to develop an opportunity and risk analysis approach on their quality management associated processes.

The aim of the work developed in this dissertation is to demonstrate how this new requirements can be fulfilled.

The Failure Modes and Effects Analysis was developed and applied to a key business for the organization successes and its Quality Management System.

The work covered the Project Management business. Due to its complexity and extension the process was divided into 3 distinct phases: "Development, negotiation and submit of the final proposal", "Project assignment and transition of the sales phase information to the project execution phase" and "Start of the project". After being defined, which phases are going to be analyze, they were subdivided into steps which allowed to detailed their specific function and posteriorly identify the existing risk factors, their causes, the associated effects and ultimately develop an improvement action plan.

As support a couple of quality tools were used, the Pareto Diagram and the Tree Diagram. The use of this tools was fundamental in the effective implementation of FMEA.

It was possible to present improvement actions for the three phases, with the intention of being implemented in the near future in order to reduce the non-conformance and the associated costs and consequently increase the business and the Quality System efficiency.

In general this work demonstrate that FMEA is a capable methodology to fulfill the new quality requirements of the NP EN ISO 9001:2015.

### **Key-Words:**

*Risk Evaluation*

*Failure Modes and Effects Analysis*

*Project Management*

*Risk Priority Number*

*Quality Management System*



## Lista de Siglas e Abreviaturas

**C.E** – Caderno de Encargos

**CRM** – *Customer Relationship Manager*

**D** – Índice de Detecção

**EFQM** – *European Foundation for Quality Management*

**EHS** – *Environmental, Health and Safety*

**FMEA** – *Failure Modes and Effect Analysis*

**G** – Índice de Gravidade

**I&D** – Investigação e Desenvolvimento

**IDI** – Investigação, Desenvolvimento e Inovação

**ISO** – *International Organization for Standardization*

**JUSE** – *Union of Japanese Scientist and Engineers*

**KPI** – *Key Performance Indicator*

**MF** – Modo de Falha

**NPR** – Número Prioritário de Risco

**NP** – Norma Portuguesa

**O** – Índice de Ocorrência

**PCMB** – *The Policy & Control Masterbook*

**PM** – *Project Manager*

**PG** – *Power & Gas*

**PS** – *Power Generation Services*

**QAS** – Qualidade, Ambiente e Segurança

**QEHS** – *Quality, Environmental, Health and Safety*

**SGI** – Sistema de Gestão Integrado

**SGQ** – Sistema de Gestão da Qualidade

**SST** – Segurança e Saúde no Trabalho



# Índice Geral

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Introdução .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 – Enquadramento e âmbito .....   | 1         |
| 1.2 – Objetivos .....  | 2         |
| 1.3 – Metodologia Geral.....   | 2         |
| 1.4 – Estrutura da dissertação .....   | 4         |
| <b>2 Revisão da literatura .....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 – Evolução do conceito da qualidade .....  | 5         |
| 2.2 – Normalização dos Sistemas de Gestão Integrados .....   | 9         |
| 2.3 – Avaliação do risco na Gestão de projetos .....   | 12        |
| <b>3 Metodologia .....</b>   | <b>17</b> |
| 3.1 – FMEA - <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> .....   | 17        |
| 3.1.1 – Caracterização da FMEA .....   | 17        |
| 3.1.2 – Nível de aplicação da FMEA.....  | 19        |
| 3.1.3 – Aplicações da FMEA.....  | 19        |
| 3.1.4 – Construção da FMEA.....  | 20        |
| 3.1.4.1 – Análise Qualitativa .....  | 22        |
| 3.1.4.2 – Análise Quantitativa.....  | 24        |
| 3.1.5 – Limitações da FMEA tradicional.....  | 27        |
| 3.2 – Ferramentas de Suporte.....  | 27        |
| 3.2.1 – Diagrama de Pareto .....   | 27        |
| 3.2.2 – Diagrama em Árvore .....   | 30        |
| <b>4 Caraterização geral da empresa .....</b>  | <b>31</b> |
| 4.1 – Siemens no Mundo .....   | 31        |
| 4.2 – Siemens em Portugal.....   | 32        |
| 4.3 – Power & Gas (PG) / Power Generation Services (PS) .....  | 34        |
| 4.4 – Gestão de Projetos – PM@Siemens .....  | 35        |
| <b>5 Abordagem experimental – Análise FMEA .....</b>   | <b>37</b> |
| 5.1 – Objetivo de Estudo.....  | 37        |
| 5.2 – Equipa de Trabalho.....  | 37        |
| 5.3 – O Processo .....   | 38        |
| 5.4 - Aplicação da Metodologia .....   | 39        |
| 5.4.1 – Análise Qualitativa .....  | 41        |
| 5.4.2 – Valoração do Risco .....   | 48        |
| 5.4.3 – Fase de reavaliação e Melhoria da FMEA .....   | 52        |
| 5.4.3.1 – Análise das prioridades: 1ª Fase - Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final ..... | 53        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.4.3.2 – Análise das prioridades: 2ª Fase - Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto..... | 56        |
| 5.4.3.3 – Análise das prioridades: 3ª Fase - Início do projeto.....   | 57        |
| 5.4.3.4 – Ações de melhoria.....  | 59        |
| <b>6 Conclusões, limitações e recomendações para trabalhos futuros .....</b>  | <b>63</b> |
| 6.1 – Conclusões .....  | 63        |
| 6.2 – Limitações.....   | 64        |
| 6.3 – Recomendações .....   | 64        |

# Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 - Fluxograma do plano de atividades .....   | 3  |
| Figura 2.1 - Ciclo de Shewhart.....  | 6  |
| Figura 2.2 - A Roda de Deming.....   | 7  |
| Figura 2.3 - Ciclo PDCA .....  | 7  |
| Figura 2.4 - Representação da Norma ISO 9001:2015 no ciclo PDCA .....  | 12 |
| Figura 3.1 - Nível de análise da FMEA .....  | 19 |
| Figura 3.2 - Fluxograma da construção da FMEA .....  | 21 |
| Figura 3.3 - Metodologia de extração dos modos de falha .....  | 23 |
| Figura 3.4 - Exemplo do Diagrama de Pareto.....  | 29 |
| Figura 3.5 - Exemplo de Diagrama em Árvore.....  | 30 |
| Figura 4.1 - Marcos Históricos da Siemens .....  | 31 |
| Figura 4.2 - Percentagem de vendas por divisão.....  | 32 |
| Figura 4.3 - Marcos Históricos da Siemens, S.A.....  | 32 |
| Figura 4.4 - Lead Countries Mundiais .....   | 33 |
| Figura 4.5 - Certificados APCER.....   | 34 |
| Figura 4.6 - Modelo de Gestão de Projetos .....  | 36 |
| Figura 5.1 - Fluxograma do negócio de Gestão de Projetos .....   | 38 |
| Figura 5.2 - Diagrama em Árvore para o modo de falha "Insuficiente informação sobre a concorrência" da etapa 1.12.....                                 | 46 |
| Figura 5.3 - Diagrama em Árvore para o modo de falha "Deficiente aproximação junto do cliente" da fase 1.12.....                                       | 46 |
| Figura 5.4 - Diagrama em Árvore para o modo de falha " Limites de negociação desajustados" da 1.12 .....   | 46 |
| Figura 5.5 - Diagrama de Pareto da fase de Desenvolvimento e entrega da proposta final .....   | 55 |
| Figura 5.6 - Diagrama de Pareto da fase de Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto ..... | 57 |
| Figura 5.7 - Diagrama de Pareto da fase de Início do Projeto.....  | 58 |
| Figura 8.1 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.1 .....  | 78 |
| Figura 8.2 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.2.....   | 78 |
| Figura 8.3 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.3.....   | 79 |
| Figura 8.4 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.4.....   | 79 |
| Figura 8.5 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.5.....   | 80 |
| Figura 8.6 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.6.....   | 80 |
| Figura 8.7 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.7 .....  | 81 |
| Figura 8.8 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.8.....   | 81 |
| Figura 8.9- Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.9.....  | 81 |
| Figura 8.10 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.10.....   | 82 |
| Figura 8.11 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.11 .....  | 82 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 8.12 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.12 ..... | 83 |
| Figura 8.13 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.13 ..... | 83 |
| Figura 8.14 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.14 ..... | 84 |
| Figura 8.15- Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.1 .....   | 84 |
| Figura 8.16 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.2 .....  | 85 |
| Figura 8.17 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.3 .....  | 85 |
| Figura 8.18 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.4 .....  | 85 |
| Figura 8.19 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.5 .....  | 86 |
| Figura 8.20 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.1 .....  | 86 |
| Figura 8.21- Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.2 .....   | 87 |
| Figura 8.22 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.3 .....  | 87 |
| Figura 8.23 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.4 .....  | 88 |
| Figura 8.24 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.5 .....  | 88 |
| Figura 8.25 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.6 .....  | 89 |
| Figura 8.26 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.7 .....  | 89 |
| Figura 8.27 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.8 .....  | 90 |
| Figura 8.28 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.9 .....  | 90 |
| Figura 8.29 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.10 ..... | 91 |
| Figura 8.30 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.11 ..... | 91 |



## Índice de Tabelas

|  |    |
|--|----|
| Tabela 3.1 - Índices de Severidade.....  | 25 |
| Tabela 3.2 - Índices de Ocorrência .....   | 25 |
| Tabela 3.3 - Índices de Detecção .....   | 26 |
| Tabela 3.4 - Exemplo de dados para a elaboração do Diagrama de Pareto .....  | 28 |
| Tabela 5.1 - Funções consultadas ao longo do trabalho .....  | 37 |
| Tabela 5.2 - Fase de Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final .....   | 40 |
| Tabela 5.3 - Fase de Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto ..... | 40 |
| Tabela 5.4 - Fase de Início do Projeto .....   | 41 |
| Tabela 5.5 - Modos de Falha identificados para a etapa Definir a estratégia de negociação .....                                  | 42 |
| Tabela 5.6 - Oportunidades identificadas na fase de Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final .....                | 42 |
| Tabela 5.7 - Modos de Falha identificados para a etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM .....               | 43 |
| Tabela 5.8 - Modos de Falha identificados para a etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" .....      | 43 |
| Tabela 5.9 - Efeitos identificados para a etapa Definir a estratégia de negociação .....   | 44 |
| Tabela 5.10 - Efeitos identificados para a etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM .....                     | 44 |
| Tabela 5.11 - Efeitos identificados para a etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" .....            | 45 |
| Tabela 5.12 - Causas identificados para a etapa Definir a estratégia de negociação .....   | 47 |
| Tabela 5.13 - Causas identificados para a etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM .....                      | 47 |
| Tabela 5.14 - Causas identificados para a etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" .....             | 48 |
| Tabela 5.15 - Índices de Severidade atribuídos à etapa Definir a estratégia de negociação .....                                  | 48 |
| Tabela 5.16 - Índices de Severidade atribuídos à etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM .....               | 49 |
| Tabela 5.17 - Índices de Severidade atribuídos à etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" .....      | 49 |
| Tabela 5.18 - Índices de Ocorrência atribuídos à etapa Definir a estratégia de negociação .....                                  | 50 |
| Tabela 5.19 - Índices de Ocorrência atribuídos à etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM .....               | 50 |
| Tabela 5.20 - Índices de Ocorrência atribuídos à etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" .....      | 51 |
| Tabela 5.21 - Índices de Detecção atribuídos à etapa Definir a estratégia de negociação .....                                    | 51 |

|  |    |
|--|----|
| Tabela 5.22 - Índices de Detecção atribuídos à etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM .....   | 52 |
| Tabela 5.23 - Índices de Detecção atribuídos à etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" .....  | 52 |
| Tabela 5.24 - NPR'S calculados para a fase Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final .....   | 53 |
| Tabela 5.25 - Tabela de auxílio à construção do Diagrama de Pareto para a fase de desenvolvimento e entrega da proposta final .....  | 54 |
| Tabela 5.26 - NPR'S calculados para a fase Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto .....                                     | 56 |
| Tabela 5.27 - Tabela de auxílio à construção do Diagrama de Pareto para a fase Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto ..... | 56 |
| Tabela 5.28 - NPR'S calculados para a fase de Início do Projeto .....  | 57 |
| Tabela 5.29 - Tabela de auxílio à construção do Diagrama de Pareto para a fase Início do Projeto...  | 58 |
| Tabela 5.30 - Ações de Melhoria para a fase de "Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final" .....   | 59 |
| Tabela 5.31 - Ações de Melhoria para a fase de "Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para fase para a fase de execução do projeto .....                      | 61 |
| Tabela 5.32 - Ações de Melhoria para a fase de "Início do projeto" .....   | 62 |
| Tabela 8.1 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.1/1.2/1.3/1.4.....  | 67 |
| Tabela 8.2 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.4/1.5/16.....   | 68 |
| Tabela 8.3 - FMEA, Fase 1 – Etapas 1.7/1.8/1.9/1.10.....   | 69 |
| Tabela 8.4 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.11/1.12.....  | 70 |
| Tabela 8.5 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.13/ 1.14.....   | 71 |
| Tabela 8.6 - FMEA, Fase 2 - Etapas 2.1/2.2.....  | 72 |
| Tabela 8.7 - FMEA, Fase 2 - Etapas 2.3/2.4/2.5.....  | 73 |
| Tabela 8.8 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.1/3.2/3.3.....  | 74 |
| Tabela 8.9 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.4/3.5/3.6.....  | 75 |
| Tabela 8.10 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.7/3.8/3.9.....   | 76 |
| Tabela 8.11 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.10/3.11 .....  | 77 |

# **1 Introdução**

## **1.1 – Enquadramento e âmbito**

Ao longo do século XX foram criadas várias organizações no domínio da Qualidade, onde foram desenvolvidas diversas normas concorrenciais associadas a este mesmo domínio. De modo a uniformizar os processos, atingir os objetivos definidos pelas organizações, aumentar a eficiência e especialmente a satisfação dos clientes e de todas as partes interessadas, tornando-as mais competitivas, surgiu a necessidade de reduzir o número de programas da qualidade, de forma a centralizar a atenção na utilização mais eficaz e eficiente dos recursos para atingir os objetivos traçados.

Assim, no fim da década de 80, foi criado o primeiro referencial internacional sobre Sistemas da Qualidade, através da publicação das normas da série ISO 9000, de notar o lançamento da norma ISO 9001, onde estão especificados os requisitos do modelo de gestão da qualidade para organizações de qualquer sector, ao qual se devem reger de forma a obter a certificação dos seus sistemas de gestão por entidades creditadas e independentes.

Este conjunto de normas foi elaborado através de um acordo internacional, sobre as práticas que uma organização deve seguir, de forma a ir ao encontro dos requisitos de qualidade do cliente e da própria empresa.

Periodicamente, uma comissão técnica responsável revê as normas ISO de forma a manterem-se eficazes, atualizadas e adaptadas a um mundo competitivo em constante mudança e evolução. Com a publicação da nova e última versão NP EN ISO 9001:2015, que veio substituir a versão de 2008, faz com que as empresas que queiram obter a recertificação tenham de rever os seus Sistemas de Gestão da Qualidade implementados.

A nova versão faz com que as organizações se adaptem a um ambiente em constante transformação através da mudança nas práticas do Sistema de Gestão de forma a providenciar um conjunto estável de requisitos tendo sempre em mente atender as necessidades e expectativas das suas partes interessadas, impulsionando assim, a confiança na capacidade da organização de fornecer bens e serviços conformes.

Entre as alterações que esta nova versão trouxe, é de destacar a adoção do pensamento baseado em risco, que consiste numa abordagem sistemática para antecipadamente avaliar e controlar os possíveis riscos no sistema, através de determinados processos com o principal objetivo de prevenir/reduzir os efeitos de situações indesejáveis (riscos) que possam vir a por em causa a capacidade da organização

em atingir os seus objetivos previamente definidos. Desta forma, a prevenção passa a ser vista como uma componente proactiva e global.

A realização deste trabalho passa por, especificamente, analisar as ações/medidas para tratar os riscos e oportunidades que possam surgir. Visto que a prevenção está intrinsecamente ligada à qualidade, irão ser aplicadas técnicas e ferramentas da qualidade de forma a medir e estimar os parâmetros necessários, disponibilizando a informação indispensável à gestão de topo, permitindo que façam as escolhas e comparações bem informadas conduzindo a decisões de gestão de risco consistentes, eficazes e eficientes.

## **1.2 – Objetivos**

O principal objetivo deste trabalho passa, pela adaptação à nova versão da norma NP EN ISO 9001:2015, onde foi introduzido, entre outros pontos, o ponto 6.1 referente ao tratamento de riscos e oportunidades, através do desenvolvimento de uma análise global de riscos e oportunidades ao negócio de Gestão de Projetos, por meio da aplicação da metodologia FMEA, de uma empresa nas áreas de energia, indústria, infraestruturas e saúde que se encontra em funcionamento em Portugal há 110 anos, com a intenção de voltar a obter a certificação do seu Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).

## **1.3 – Metodologia Geral**

De forma a atingir o objetivo acima referido, foram definidos os seguintes pontos intermédios:

- Seleção dos processos a avaliar;
- Identificação dos riscos e oportunidades;
- Ajuste da metodologia de análise e avaliação de risco [*Failure mode and effect analysis (FMEA)*];
- Aplicação das metodologias a um processo de negócio do Sistema de Gestão da Integrado (SGI);
- Discussão crítica dos resultados e implementação de propostas de melhoria

Com vista a simplificar a compreensão e planeamento de um projeto desta dimensão, desenvolveu-se o diagrama representado na Figura 1.1, onde estão descritas as tarefas a realizar por ordem cronológica.

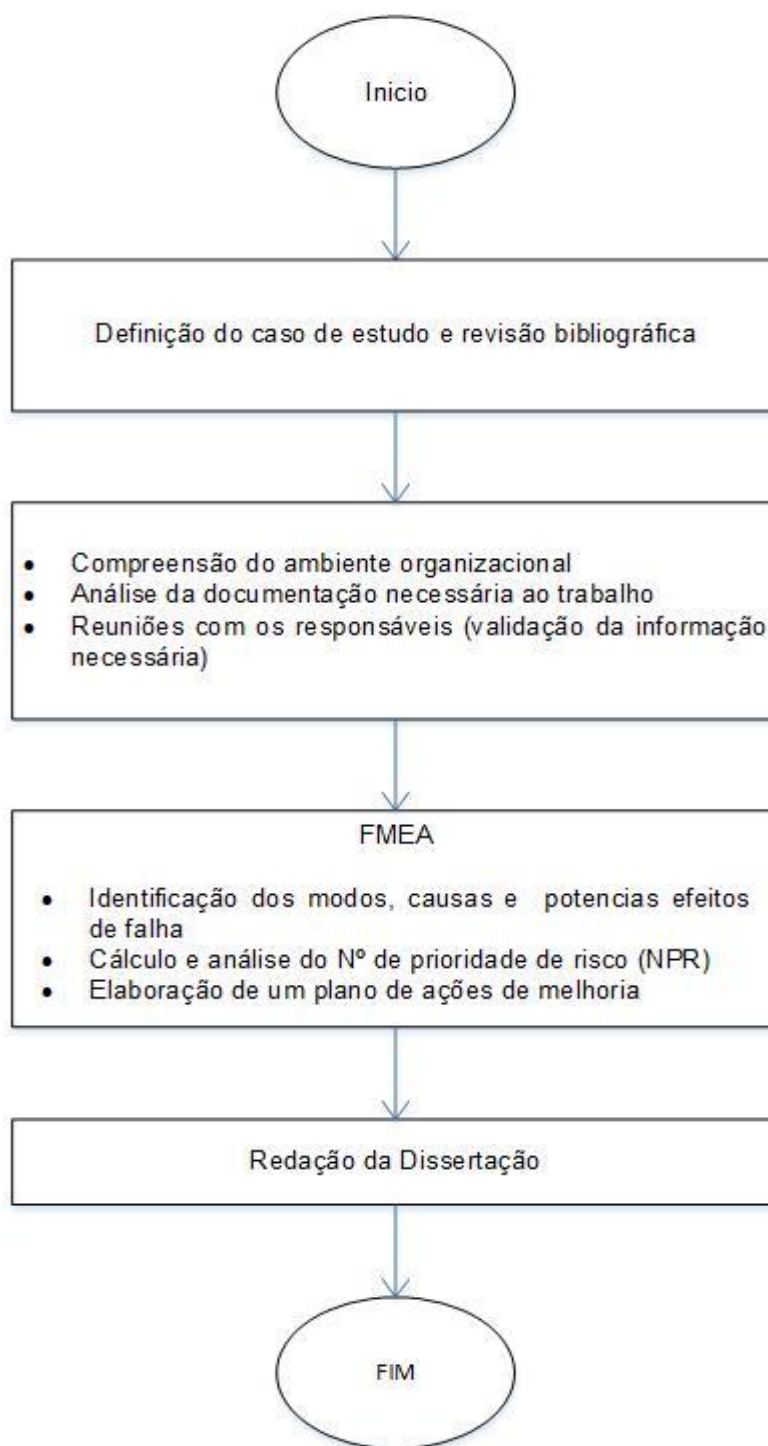


Figura 1.1 - Fluxograma do plano de atividades

## **1.4 – Estrutura da dissertação**

Para a presente dissertação foram desenvolvidos seis capítulos, sendo que no primeiro é feita uma introdução onde são estabelecidos os objetivos e definida a metodologia geral. O segundo e terceiro capítulos têm como objetivo definir a temática estudada através da revisão bibliográfica de toda a informação necessária para a elaboração do caso de estudo. No quarto capítulo é apresentada a empresa onde foi desenvolvida a presente dissertação. No quinto capítulo é descrito os resultados da aplicação do método aplicado, FMEA. O sexto e último capítulo é destinado às limitações encontradas e conclusões tiradas após a análise de resultados, assim como apresentadas propostas para trabalhos futuros. A estrutura global da dissertação é descrita na lista abaixo.

- **Capítulo 1 - Introdução**
  - Enquadramento e âmbito;
  - Objetivos;
  - Metodologia Geral;
  - Estrutura da dissertação.
- **Capítulo 2 – Revisão da Literatura**
  - Evolução do conceito da qualidade;
  - Normalização dos Sistemas de Gestão Integrados;
  - Avaliação do risco na Gestão de projetos.
- **Capítulo 3 – Metodologia**
  - FMEA;
  - Ferramentas de Suporte.
- **Capítulo 4 – Caracterização geral da empresa**
  - Caracterização Organização de acolhimento do estudo: Siemens, S.A.;
  - Caracterização do negócio de Gestão de Projetos na Organização.
- **Capítulo 5 – Abordagem experimental - FMEA**
  - Objetivo do trabalho;
  - Definição da equipa de trabalho;
  - Descrição do processo;
  - Aplicação da Metodologia.
- **Capítulo 6 – Conclusão**
  - Conclusões a que se chegou após a implementação;
  - Limitações encontradas;
  - Propostas para trabalhos futuros.

## 2 Revisão da literatura

No presente capítulo irá ser exposto o enquadramento teórico do assunto em estudo, assim como a evolução do conceito e das normas da Gestão da Qualidade.

### 2.1 – Evolução do conceito da qualidade

O conceito da qualidade tem vindo a evoluir ao longo do tempo, de maneira a alinhar-se com os requisitos, cada vez mais exigentes e complexos, da gestão, com o principal objetivo de ver cumpridas as exigências definidas pelos clientes e pelas partes interessadas.

Como todas as áreas do saber, também a qualidade tem vindo a evoluir ao longo dos anos. Um dos mais célebres nomes da gestão da qualidade, Joseph Juran (séc. XX), afirmou que as preocupações com a qualidade datam da Era Agricultura, tudo por uma questão tão essencial como a sobrevivência Humana (Pinto e Pinto, 2011).

O conceito da qualidade foi e sempre será intrínseco à natureza humana, tendo vindo a ser aplicado, sob as mais diversas formas ao longo da História, existindo registos históricos, que remontam às civilizações mais primitivas, referentes ao cuidado que o Homem apresenta em executar bem o trabalho (Pereira e Requeijo, 2012).

Todavia, é com a revolução industrial do final do séc. XVIII e início do séc. XIX que o controlo da qualidade ganha relevância como uma técnica autónoma, com o início da produção em massa. Entrava-se assim na **Era da Inspeção** e o controlo da qualidade baseava-se na avaliação da qualidade de produtos e serviços com recurso a técnicas de inspeção (Pinto e Pinto, 2011).

Esta fase ficou marcada pela criação de departamentos de dimensões astronómicas de inspeção em várias unidades fabris, liderados por um inspetor chefe, onde atribuía-se a responsabilidade da Qualidade à inspeção e não à produção.

Entre as duas Grandes Guerras verificou-se o desenvolvimento de técnicas estatísticas que permitiram não só implementar processos de avaliação da Qualidade de produtos por amostragem, como também controlar a Qualidade durante a produção (Pereira e Requeijo, 2012).

Contudo, a qualidade, como é conhecida hoje, surge apenas com a 2ª Grande Guerra, quando começaram a ser implementadas técnicas estatísticas de controlo da qualidade, desenvolvidas por Walter Shewhart, nos anos 20 do século XX, substituindo desta forma a inspeção produto a produto. Entrava-se assim na segunda fase da qualidade - a **Era do Controlo Estatístico da qualidade** - quando Shewhart percebeu que a qualidade provinha, não dos inspetores, mas sim do processo produtivo. Através da aplicação de técnicas estatísticas sobre o processo (CEP-Controlo

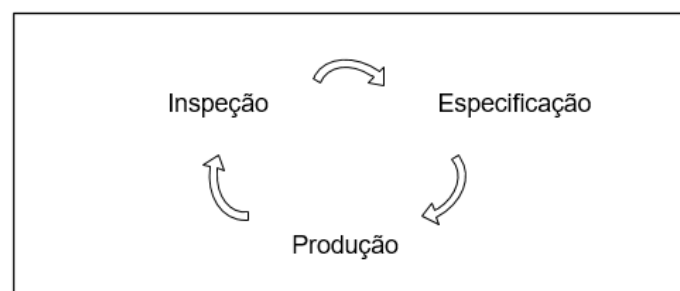
Estatístico do Processo), com recurso a técnicas de amostragem de Harold Dodge surge assim, o denominado Controlo da Qualidade (Pinto e Pinto, 2011).

A aplicação destas técnicas visa a substituição da inspeção a 100%, por um plano de amostragem. A amostragem, como o próprio nome indica, consiste na inspeção e classificação de uma amostra de unidades selecionadas aleatoriamente de um lote maior, decidindo-se, a partir dos resultados obtidos na inspeção dessa amostra, se o lote deve ou não ser rejeitado (Pereira e Requeijo, 2012).

Após a 2ª Guerra Mundial, com o Japão a atravessar uma crise económica e social profunda, surge a necessidade de adotar estratégias que permitam superar tais obstáculos, assumindo particular relevância o fabrico de produtos a baixo custo mas de alta qualidade, fortemente direcionados para a exportação.

Assim, ciente do crescente desenvolvimento da Qualidade nos Estados Unidos a JUSE (*The Union of Japanese Scientists and Engineers*) convidou para o Japão os estatísticos Deming em 1950 e 1951 e Juran em 1954 para conduzir seminários que viriam a influenciar, de forma positiva, as empresas Japonesas, as quais começaram a incorporar os princípios da Qualidade em todos os níveis da organização, conseguindo melhorias notáveis na qualidade e no custo de produtos que rapidamente se tornaram altamente competitivos (Pereira e Requeijo, 2012).

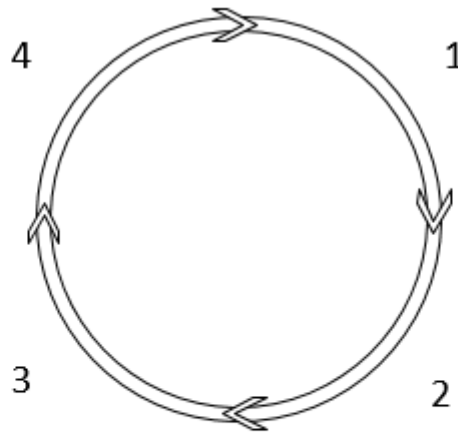
Surgiu assim o conceito de Melhoria Contínua da Qualidade. W. Edwards Deming, durante estes seminários modificou e apresentou aos Engenheiros e Gestores Japoneses a sua versão do, na altura denominado de, Ciclo de Shewhart. Este já tinha sido introduzido por Walter A. Shewhart em 1939, o qual afirmava que os três passos que formam o ciclo constituem um processo científico dinâmico de ganho de conhecimento, o ciclo está representado na Figura 2.1.



**Figura 2.1 - Ciclo de Shewhart**  
(Adaptado de Moen e Norman, 2010)

Deming enfatizou a importância da constante interação entre a conceção, produção, vendas e pesquisa, sendo que os quatro passos deviam interagir constantemente tendo como objetivo a qualidade tanto no produto como no serviço, assim o ciclo de Shewhart foi ligeiramente alterado e está demonstrado na Figura 2.2, ao qual os Japoneses chamaram de A Roda de Deming.

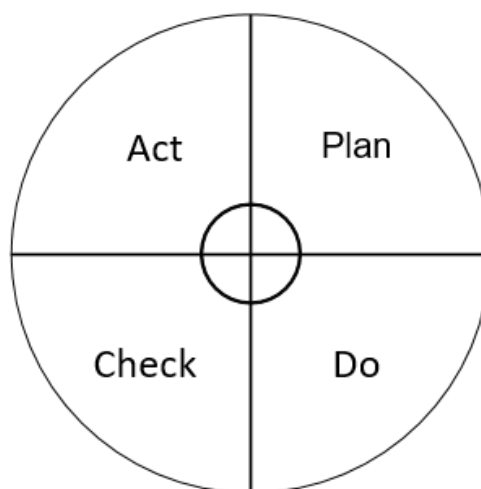




1. Planear o produto (com testes apropriados);
2. Fabricar o produto;
3. Testar o produto/serviço;
4. Redesenhar o produto/serviço (se necessário).

**Figura 2.2 - A Roda de Deming**  
(Adaptado de Moen e Norman, 2010)

Os executivos Japoneses, após o seminário, reformularam a denominada Roda de Deming originando o Ciclo PDCA, representado na figura seguinte Figura 2.3. O ciclo de quatro etapas, utilizado para a resolução de problemas, inclui o *Plan* (definição de um problema e consideração sobre possíveis causas e soluções), *Do* (implementação), *Check* (avaliação dos resultados) e *Action* (voltar a planear e implementar medidas de melhoria caso os resultados sejam insatisfatórios ou padronizar caso os resultados sejam) (Moen e Norman, 2010).



**Figura 2.3 - Ciclo PDCA**  
(Adaptado de Moen e Norman, 2010)

Armand Feigenbaum introduziu ainda o conceito da Qualidade Total, entendido como um sistema de gestão que integra os esforços de desenvolvimento, manutenção e melhoria da Qualidade realizados pelos diferentes grupos que compõem uma organização, com o objetivo de fornecer um produto ou serviço que satisfaça plenamente o cliente ao menor custo possível. Nesta perspectiva, a Qualidade passa a ser da responsabilidade de todos e não apenas do pessoal do Departamento da Qualidade ou da Produção.

Associado a este conceito surge o lema Fazer-bem-à-primeira, sendo só possível, segundo Feigenbaum, se a preocupação com a Qualidade começar na fase de concepção e desenvolvimento de produtos e processos (Pereira e Requeijo, 2012).

Com a crescente diversificação de produtos e a internacionalização dos mercados surge a necessidade da criação de uma linguagem universal comum a todas as partes interessadas que permitisse clarificar e garantir o cumprimento dos acordos estabelecidos.

Surgem assim novas reflexões sobre o conceito da Qualidade, orientadas para o planeamento e implementação sistemática de atividades que proporcionassem a confiança adequada de que uma organização ou sistema estaria em condições de satisfazer os requisitos exigidos pelo cliente. Entra-se assim na fase – **Garantia da Qualidade** – em que se começa a dar ênfase à qualidade dos métodos de trabalho, ao desenvolvimento de documentação de suporte e à definição de métodos de controlo adequados (Pereira e Requeijo, 2012).

Face à crescente globalização da economia, a concorrência tornou-se implacável no fim do século passado. Para responder a estes desafios e alcançarem a excelência, muitas empresas de vários pontos do Mundo começaram a adotar (algumas já em meados da década de 80) - a **Gestão pela Qualidade Total** - como uma filosofia de gestão extensível a todos os processos da organização por forma não só a assegurar como também exceder as expectativas dos clientes, colaboradores, acionistas e sociedade em geral (Pereira e Requeijo, 2012).

Muito do crescimento e desenvolvimento registado por várias organizações ao atingirem e conquistarem os mercados externos, deve-se ao facto da qualidade ter passado a ser uma preocupação de todos os colaboradores a todos os níveis, desde a gestão de topo até ao operário menos qualificado, o que permitiu alavancar o comprimento dos requisitos e satisfazer o desejo de todas as partes interessadas, reduzir custos com não conformidades e aumentar a eficiência dos processos aplicando as teorias da Gestão pela Qualidade e da Qualidade Total.

A aplicação destes princípios da qualidade e a adoção da filosofia Gestão pela Qualidade Total pelas organizações levou a que fosse implementado nas organizações um SGQ, o qual pode ser ou não certificada, fazendo desta forma com que as normas da série ISO 9000 ganhem grande notoriedade.

## 2.2 – Normalização dos Sistemas de Gestão Integrados

No final dos anos 80, com o intuito de difundir os conceitos da gestão pela Qualidade Total pelas organizações, foi criado o prêmio *Malcon Baldrige National Quality Award* (1987) e fundado a EFQM (*European Foundadtion fo Quality Management*), o que veio sensibilizar as organizações a adotarem uma forma de gestão que visa a melhoria do desempenho global e o reforço das vantagens competitivas (Pereira e Requeijo, 2012).

Na mesma altura, as organizações começaram a investir em mecanismos e ferramentas que contribuem para a redução de desperdícios e permitem a otimização da conformidade dos seus produtos, tendo por finalidade o aumento da sua eficiência. Com base na norma inglesa BS (*British Standard*) – 5750, criada durante a 2ª Guerra mundial, surgem em 1987 as normas da família ISO 9000 (*Quality Manegement and Quality Assurance*).

A certificação dos sistemas de gestão da qualidade começa então a ser uma realidade quando, as certificações dos “Sistemas de Garantia da Qualidade” das indústrias, de acordo com padrões adotados internacionalmente, tornam-se um sucesso (Pinto e Pinto, 2011).

Os requisitos incluídos nas normas da série ISO 9000 são genéricos e aplicáveis a organizações de qualquer setor económico. Contudo, a diversidade das características da organização, dos processos utilizados, dos produtos fornecidos ou de serviços prestados, são pontos que devem ser tidos em conta aquando da conceção e implementação do SGQ (Pereira e Requeijo, 2012).

Como a qualidade é um conceito com inúmeras dimensões e variáveis, foi necessário a introdução do conceito da Normalização dos Sistemas de Gestão da Qualidade.

A normalização define-se como sendo uma atividade, cujo principal objetivo é estabelecer, face a problemas reais ou potenciais, disposições para a utilização comum e repetida, tendo em vista a obtenção do grau ótimo de ordem, num determinado contexto (NP EN 45020:2009).

As organizações implementam os requisitos da norma, com vista a demonstrar a sua habilidade em consistentemente fornecer produtos e serviços que cumprem tanto os requisitos do cliente como os regulatórios.

Interessa ainda referir que a eficácia do SGQ é medida através dos resultados atingidos face aos objetivos da qualidade estabelecidos. Como estes são apenas uma parte dos objetivos da organização, é necessário definir não só, as restantes partes que constituem o sistema organizacional, como os processos que lhes estão associados (Pereira e Requeijo, 2012).

A análise dos referenciais mencionados nas normas permite constatar que os princípios subjacentes à sua elaboração e os requisitos neles contidos são muito semelhantes, existindo portanto toda a vantagem em desenvolver e implementar Sistemas Integrados de Gestão da Qualidade (Pereira e Requeijo, 2012).

Com o crescente aumento da complexidade e da dinâmica do ambiente organizacional, satisfazer continuamente os requisitos e ter em consideração as necessidades e expectativas futuras constituiu um desafio cada vez maior para as organizações.

Desta forma, para liderar e manter em funcionamento com sucesso uma organização, é necessário que a mesma seja dirigida e controlada de forma sistemática e transparente. O sucesso pode ser consequência da implementação e manutenção de um sistema de gestão concebido para continuamente melhorar o seu desempenho, tomando em consideração as necessidades de todas as partes interessadas (NP EN ISO 9000:2015).

Assim, a adoção de um SGQ é uma decisão estratégica de uma organização que pode ajudar a melhorar o seu desempenho global e proporcionar uma base sólida para iniciativas de desenvolvimento sustentável (NP ISO 9001:2015)

A norma NP EN ISO 9001, por forma a acompanhar a evolução da qualidade, os conceitos subjacentes e as constantes alterações da envolvente organizacional, tem vindo a sofrer alterações ao longo dos anos.

As alterações mais significativas introduzidas na última versão incluem, o conhecimento do contexto de onde a organização se insere e a ênfase no pensamento baseado em risco que permite realçar a aplicação de uma abordagem por processos, melhorar a aplicabilidade de serviços e aumentar os requisitos de liderança.

Por contexto da organização entende-se por combinação dos fatores internos e externos que podem afetar a abordagem da organização aos seus produtos, serviços e investimentos. Desta forma, a organização deve identificar os fatores a prevenir para que não afetem a capacidade em atingir os resultados pretendidos do seu SGI (NP ISO 9001:2015).

A ISO 9001:2015 incorpora ainda o termo pensamento baseado no risco nos seus requisitos para estabelecer a implementação, manutenção e melhoria contínua do seu SGQ. Este novo requisito é lógico no sentido em que permite que as organizações atinjam um Sistema de Gestão preventivo (Karlovi, Cindri, e Medic, 2016).

Os requisitos apresentados por esta norma, têm o objetivo de estruturar o SGI das empresas, que os sigam adequadamente, de forma a tornar o mais eficaz e robusto possível, permitindo assim que estas

atinjam os objetivos traçados e cumpram com as expectativas e requisitos de todas as partes interessadas.

Assim sendo, uma organização pode procurar a certificação do seu SGQ, feita por uma entidade independente e certificada, se todo o processo funcionar de forma rigorosa, eficiente e com responsabilidade.

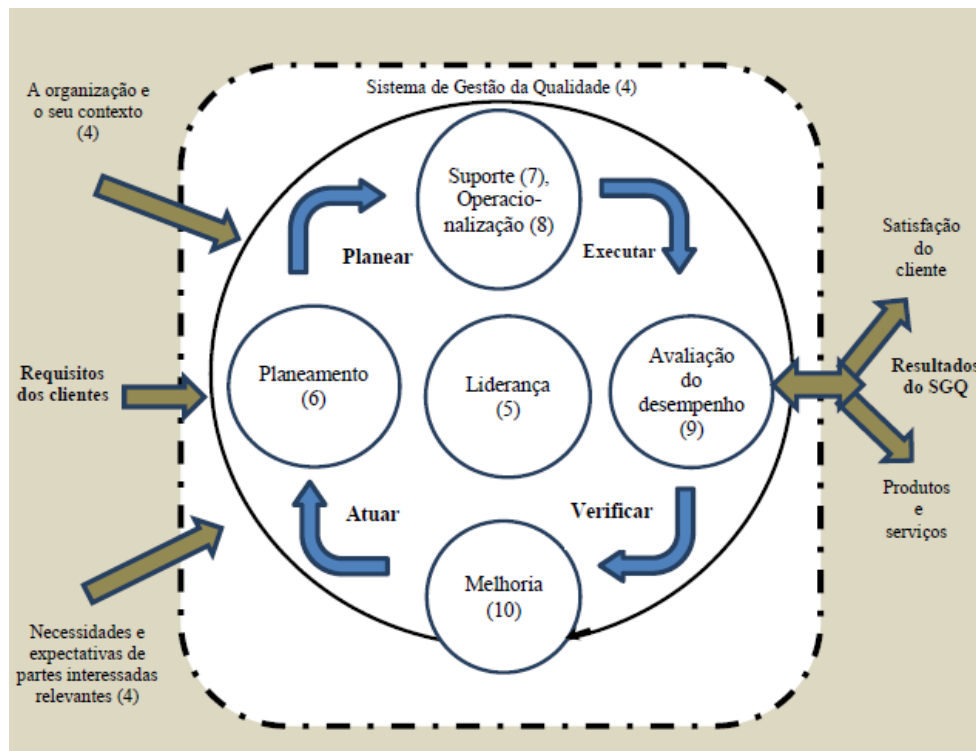
De forma a obter certificação, as empresas devem cumprir com os requisitos presentes na norma NP EN ISO 9001, como por exemplo:

- Monitorização e medição periódica de todos os processos, de forma a assegurar o cumprimento dos requisitos dos clientes e das partes interessadas;
- Padronização e documentação de todos os processos de negócio;
- Planeamento e implementação de ações para tratar os riscos e oportunidades em todas as frentes do negócio da organização;
- Revisão contínua dos processos do SGQ de forma a garantir a sua eficácia e o cumprimento das metas estabelecidas;
- Determinação e gestão do conhecimento organizacional de forma a assegurar a operacionalização dos seus processos;
- Controlo dos processos, produtos e serviços de fornecedores externos.

O resultado de uma aplicação eficaz é um SGI onde a Qualidade se encontra embebida no seio da Organização passando a fazer parte do seu sistema de gestão e consequentemente nos seus processos, potenciando a aptidão de fornecer de forma consistente, produtos e serviços que satisfaçam tanto os requisitos dos clientes como as exigências estatutárias e regulamentares aplicáveis, as oportunidades para aumentar a satisfação do cliente, o tratamento de riscos e oportunidades associados ao contexto e objetivos da organização e por último a aptidão para demonstrar a conformidade com os requisitos especificados do SGQ (NP EN ISO 9001:2015).

A recente versão da norma baseia-se nos princípios de gestão da qualidade descritos na NP EN ISO 9000, sendo eles: o foco no cliente; liderança; comprometimento das pessoas; abordagens por processos; melhoria; tomada de decisão baseada em evidências; gestão das relações (NP EN ISO 9001:2015).

A abordagem por processos, adotada por esta norma, incorpora o ciclo PDCA o que permite a uma organização planear os seus processos e as respetivas interações assegurando que os processos são dotados com recursos adequados, devidamente geridos e que as oportunidades de melhoria são determinadas e implementadas, como se pode ver na Figura 2.4.



**Figura 2.4 - Representação da Norma ISO 9001:2015 no ciclo PDCA**  
(NP EN ISO 9001:2015)

A ISO 9001:2015 é destinada a encorajar a integração e harmonização dos processos com a estratégia de negócio, desta forma o SGQ e a consequente certificação é agora, mais que nunca, um meio para atingir sucesso estratégico, como pode ser constatado com o crescente aumento do número de organizações certificadas em Portugal e no Mundo (Karlovi et al., 2016).

Para concluir, pode-se afirmar que as normas de gestão da qualidade, a certificação e a consequente implementação de um SGQ, desempenham um papel fulcral na tentativa de encontrar soluções para problemas recorrentes, aumentando a produtividade, reduzindo desperdício e melhorando a relação com as partes interessadas permitindo, desta forma, as organizações potenciarem o seu negócio e atingirem os seus objetivos.

### 2.3- Avaliação do risco na Gestão de projetos

A gestão de projetos, ao longo dos últimos anos, tem vindo a ser reconhecida como uma ferramenta eficiente para tratar todo o tipo de atividades e problemas. Um projeto pode ser definido como sendo um conjunto de atividade e tarefas que visam atingir um objetivo específico num determinado intervalo de tempo à medida que são consumidos os recursos necessários para cumprir com as especificações definidas (Munns e Bjeirmi, 1996).

Nos dias que decorrem é essencial para as organizações uma aplicação estruturada de projetos, por forma a potenciar as vendas, reduzir os custos, melhorar a qualidade e acima de tudo aumentar a satisfação dos clientes e de todas as partes interessadas, permitindo assim alavancar de forma positiva o sucesso das organizações.

Desta forma, é imperativo uma aplicação eficiente de gestão de projetos. Esta pode ser definida como sendo um processo de planeamento, organização, direção e controlo dos recursos da empresa para um pré-estabelecido período de tempo e objetivo por forma a atingir determinadas metas específicas, tendo a intenção de utilizar da melhor forma os recursos existentes ao fazer com que os trabalhos fluam horizontalmente e verticalmente dentro do seio da organização (Kerzner, 2009).

Dada a sua elevada importância para as organizações e o crescente aumento concorrencial, é essencial a implementação de uma gestão de risco eficaz, que visa manter o projeto dentro das especificações e requisitos estabelecidos de maneira a atingir os objetivos previamente acordados com intuito de alavancar a satisfação do cliente e de todas as partes interessadas, prevenindo a ocorrência de desvios indesejados.

A gestão de risco pode ser definida como sendo uma sequência lógica de etapas que constituem a identificação, a medição, a avaliação e a reavaliação do risco, estando também associado ao planeamento estratégico e à gestão (Burchett e Tummala, 1999)

Por forma a tornar eficaz a gestão de risco para as organizações, a *International Organization for Standardization*, lançou a norma ISO 31000 onde estabelece um conjunto de princípios que deverão ser adotados pelas mesmas.

Esta norma defende que a gestão de risco deverá ser integrada em todos os processos e práticas da organização, de modo a ser pertinente, eficaz e eficiente. O processo da gestão do risco deverá tornar-se parte e não ser separado dos processos organizacionais. Em particular, a gestão de risco deverá ser integrada no desenvolvimento da política, no planeamento estratégico e do negócio, na sua revisão, e nos processos da gestão da mudança.

Deverá existir um plano do risco para toda a organização de modo a assegurar que a política da gestão do risco é implementada e que a mesma é integrada em todos os processos e práticas da organização (NP ISO 31000:2013).

A *International Organization for Standardization* desenvolveu ainda uma norma de suporte, a ISO 31010:2009 a qual fornece orientações para a seleção e aplicação de técnicas sistemáticas para apreciação e avaliação do risco, não sendo destinada para fins de certificação.

As 31 técnicas referidas por esta norma têm um grande campo de aplicação podendo ser aplicadas à identificação, à análise e à avaliação do risco, variando no grau de complexidade onde vão desde técnicas simples de observação até técnicas de controlo estatístico.

O *Brainstorming* por exemplo, uma das técnicas mais simples abordadas pela norma, é uma técnica usada para encorajar a imaginação em qualquer fase do processo de gestão do risco, podendo ser utilizada em combinação com outros métodos e técnicas de apreciação do risco.

Sendo um termo utilizado para referir qualquer tipo de discussão em grupo, este envolve estimular e encorajar uma conversa livre entre um grupo de pessoas conhecedoras e com capacidade para identificar potenciais modos de falha e/ou os riscos associados às tarefas ou processos que se pretendem estudar.

O *brainstorming* coloca grande ênfase na imaginação, portanto é particularmente útil quando se identificam riscos de novas tecnologias, quando não existem dados ou quando são necessárias soluções para os problemas (NP ISO EN 31010:2016).

A FMEA, ferramenta utilizada no presente estudo abordada pela ISO 31010, é uma técnica utilizada para identificar de que forma os componentes, os sistemas ou os processos podem falhar no cumprimento da sua finalidade de conceção. Identifica os modos de falha dos componentes em estudo, os seus potenciais efeitos e os mecanismos causadores dessas falhas onde apresenta ainda medidas de prevenção e mitigação para os efeitos das falhas. A FMEA classifica cada um dos modos de falha identificados de acordo com a sua criticidade, sendo o nível de risco expresso de forma qualitativa ou quantitativa.

Outra ferramenta qualitativa abordada pela ISO 31010 é o HAZOP. Esta técnica é bastante semelhante à FMEA, na medida em que identifica os modos de falha, as suas causas e consequentes efeitos sendo que a diferença recai sobre o facto de a equipa de trabalho considerar os resultados indesejados e desvios dos resultados pretendidos, trabalhando de forma retrospectiva as possíveis causas e modos de falha. É um exame estruturado e sistemático de um produto, processo, procedimento ou sistema, sendo uma técnica baseada na utilização de palavras orientadoras que questionam como a intenção da conceção ou das condições de funcionamento poderão não ser atingidas (NP ISO EN 31010:2016).

Perdigão (2016), após aplicar ambas as ferramentas, FMEA e HAZOP, ao mesmo processo considera a aplicação da metodologia FMEA mais fácil devido ao facto de esta ser mais intuitiva. Conclui ainda que, após a aplicação de ambas, a FMEA tem uma força adicional devido à sua capacidade em avaliar, através do cálculo do NPR, os modos de falha e as suas causas o que permite um estabelecimento de prioridades para implementação de futuras ações corretivas e possível identificação de oportunidades no sistema, produto ou processo em estudo.



O pensamento baseado no risco introduzido na última versão da norma ISO 9001 evidencia a aproximação inevitável e lógica das normas de gestão de qualidade com as que abordam a gestão de risco, visto que uma boa implementação da gestão de risco permite a redução de ocorrências de desvios e não conformidades relativamente aos objetivos traçados, potenciando assim a eficiência e os resultados alcançados pela organização.

Burchett e Tummala (1999) defendem que um sistema de qualidade deve ser aplicado de forma a cumprir com as expectativas e objetivos da organização. Onde o sistema de qualidade deve ser estruturado de maneira a otimizar e controlar a qualidade em relação com os riscos, custo e benefícios num projeto.

Desta forma, a gestão de risco é um processo estruturado, consistente e contínuo que deve ser implementado pela organização de forma integral e transversal onde todos os colaboradores da organização têm responsabilidade pela sua eficácia e manutenção.



### **3 Metodologia**

Neste capítulo apresentam-se as metodologias que foram utilizadas no decorrer deste trabalho, sendo efetuada a fundamentação teórica das ferramentas que possibilitaram a concretização deste estudo.

#### **3.1 – FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis***

FMEA é uma metodologia de Engenharia usada para definir, identificar qualquer potencial ou conhecida falha ou oportunidade e eliminar o que possa conduzir a resultados indesejáveis e não conforme os requisitos definidos pelas partes interessadas.

Foi inicialmente apresentada, como metodologia, na década de 60 pela gigante Americana da indústria aeroespacial, a NASA devido aos seus requisitos relativos à fiabilidade. Desde então, tem vindo a ser largamente utilizada como uma metodologia para análise de sistemas de segurança e de fiabilidade em todos os tipos de indústrias, mais particularmente aeroespacial, nuclear e automóvel (Sharma, Kumar, e Kumar, 2008).

Um dos maiores difusores da FMEA foi a indústria automóvel americana, com o desenvolvimento da QS-9000 (homóloga da ISO 9000 para o sector automóvel), que define os requisitos fundamentais para os seus fornecedores, onde exige que estes desenvolvam a FMEA de forma a prevenirem a ocorrência dos modos de falha (McDermott, Mikulak, e Beauregard, 2009).

Hoje em dia a FMEA é amplamente utilizada como uma metodologia preventiva, de forma a identificar potenciais falhas antes que estas ocorram com a intenção de minimizar o risco que lhes é associada. Como a função básica da FMEA é encontrar, priorizar e minimizar falhas, esta tem vindo a ser largamente utilizada nas mais variadas áreas com o objetivo de reduzir os problemas relacionados com não conformidades e com o incumprimento dos requisitos (Chen, 2013).

##### **3.1.1 – Caracterização da FMEA**

Existem certos conceitos que devem ser abordados para uma melhor perceção desta metodologia. Uma falha ocorre, quando um produto, serviço ou processo não cumpre com os requisitos previamente definidos.

A estes Modos de falha, forma como o qual um sistema pode falhar, estão sempre associados os elementos causadores, denominados de Causas, que por sua vez irão provocar consequências positivas ou negativas no produto, serviço ou processo que podem vir a ser percecionadas pelo cliente final, denominadas por Efeitos.

A FMEA é uma metodologia utilizada para identificar e posteriormente eliminar conhecidas ou potenciais causas de forma a garantir a fiabilidade e a segurança de sistemas complexos com o principal objetivo de fornecer informações necessárias para a tomada de decisões a nível da Gestão do Risco (Liu, Liu, e Liu, 2013).

O processo da FMEA começa com a identificação de todas as potenciais falhas do sistema, processo ou produto. De seguida, todas as causas e respetivos efeitos do modo de falha devem ser identificados (Geum, Cho, e Park, 2011).

A aplicação da FMEA permite que as organizações canalizem os seus recursos, muitas das vezes limitados, para os modos de falha com maior risco potencial, através na priorização dos modos de falha. Essa priorização é feita a partir do cálculo do Número de Prioridade de Risco (NPR). O valor do NPR é obtido através da multiplicação de 3 índices (em intervalos que geralmente variam entre 1 e 10), a probabilidade de ocorrência da Causa, a severidade do Efeito e a probabilidade de deteção através do controlo existente do modo de falha.

Como o próprio nome indica, o objetivo do NPR é priorizar os modos de falha de um produto/processo/serviço de modo a que os recursos existentes e disponíveis sejam alocados de forma eficiente. Quanto maior o risco, maior o número de recursos (físicos, temporais e monetários) atribuídos à resolução do respetivo modo de falha (Mandal e Maiti, 2014).

Com o crescente aumento da competitividade empresarial, é cada vez mais importante a implementação de uma Gestão de Risco eficaz, as organizações impõem a canalização dos seus recursos para a resolução de problemas e não para a prevenção dos mesmos, assim sendo, segundo Stamatis (2003) a FMEA deve ser elaborada ao longo da fase de conceção do projeto, pois quanto mais cedo se realizar a recolha da informação, mais cedo serão identificados os modos de falha e mais cedo se poderá atuar na prevenção dos mesmos.

A garantia da Qualidade na conceção e no desenvolvimento do produto é extremamente importante e conduz a uma redução do custo global, do desperdício de tempo e das taxas de rejeição e refabrico.

Segundo Stamatis (2003) a procura pela melhoria contínua faz da FMEA um documento dinâmico, que se adapta às mudanças do sistema, processo ou produto sempre com o objetivo de os melhorar, assim sendo é uma ferramenta dinâmica em constante adaptação.

A aplicação correta de uma FMEA permite:

- Identificar potenciais e conhecidos modos de falha;
- Identificar as causas e os efeitos de cada modo de falha;
- Priorizar os modos de falha identificados de acordo com o Número Prioritário de Risco (NPR);
- Proporcionar um plano de seguimento e ações corretivas.

### 3.1.2 – Nível de aplicação da FMEA

É essencial que seja definido o nível de aplicação da FMEA, pois o modo de falha pode ter mais do que um nível, tudo depende da complexidade da função em estudo. Nem sempre existem os recursos necessários ou condições para se proceder a um estudo aprofundado, pelo que se torna primordial alcançar a situação que fez desencadear os eventos que deram origem ao modo de falha, a causa raiz.

Quanto mais o estudo for focado na causa raiz, maior sucesso terá na eliminação das falhas. Segundo Stamatis (2003), uma resolução rápida e precipitada pode resultar na sobrevalorização de um sintoma e numa medicação de curto prazo que irá dissimular e comprometer a eliminação do(s) verdadeiro(s) problema(s). A Figura 3.1 demonstra a relação entre o nível de Análise da FMEA e o modo, a causa e efeito da falha.

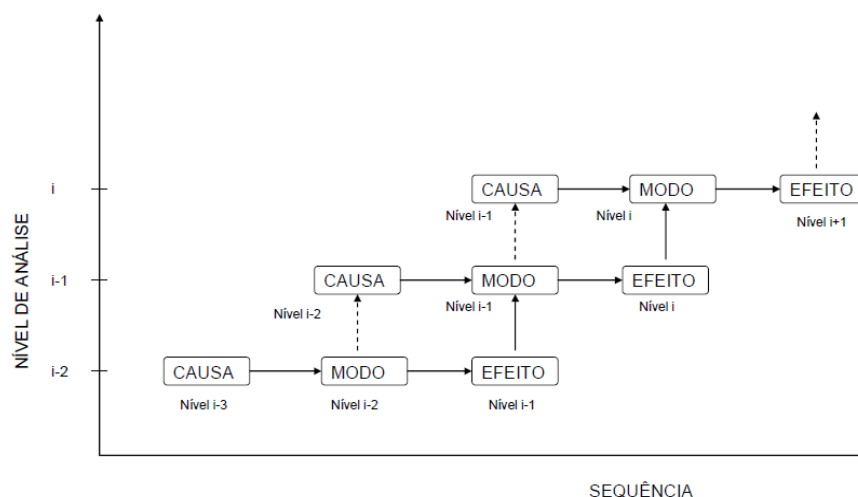


Figura 3.1 - Nível de análise da FMEA (Adaptado de Garcia, 2007)

### 3.1.3 – Aplicações da FMEA

Segundo Stamatis (2003), existem várias variantes da FMEA que propõem vários tipos de abordagens dependendo do objeto a ser analisado, sendo que a base fundamental é comum a todas, passando pela identificação dos modos de falha, seus efeitos e respectivas causas. As aplicações da FMEA podem ser de quatro tipos:

- FMEA do Sistema;
- FMEA da concepção do Produto;
- FMEA do Processo;
- FMEA do Serviço.

Como o presente estudo irá incidir sobre uma análise do processo, apenas essa será desenvolvida.

### **3.1.3.1 – FMEA do Processo**

O foco desta variante centra-se na identificação dos modos de falha causada por deficiências ao nível do processo. Permite avaliar os efeitos das falhas, reduzir o risco e estabelecer ações de melhoria ao processo. Segundo Stamatis (2003), os benefícios desta aplicação passam por:

- Identificar deficiências no processo e oferecer plano de ações corretivas;
- Identificar as características críticas e/ou significativas, criando condições para o desenvolvimento do plano de controlo;
- Estabelecer prioridades relativas à implementação das ações corretivas;
- Permitir um melhor conhecimento do processo e documentar o caminho para as mudanças e respetiva melhoria.

A referida aplicação constitui a melhor abordagem a ser implementada no presente trabalho, efetuado numa empresa que atua maioritariamente no setor das energias uma vez que irá permitir identificar as respetivas deficiências dos processos e oferecer plano de ações corretivas

### **3.1.4 – Construção da FMEA**

A metodologia a ser aplicada é dividida em duas partes distintas: Na primeira, fase de avaliação, é identificado para cada modo de falha, os seus efeitos e as respetivas causas e posteriormente apresentam-se os valores de NPR. Na segunda fase, fase de reavaliação, é elaborado um plano de ações de melhoria e recomendações para as causas com os valores de NPR mais elevados, verificando-se o resultado da eficácia das ações tomadas.

Para uma melhor compreensão e perceção da metodologia utilizada, apresenta-se na Figura 3.2 um fluxograma descritivo do procedimento a ser seguido.

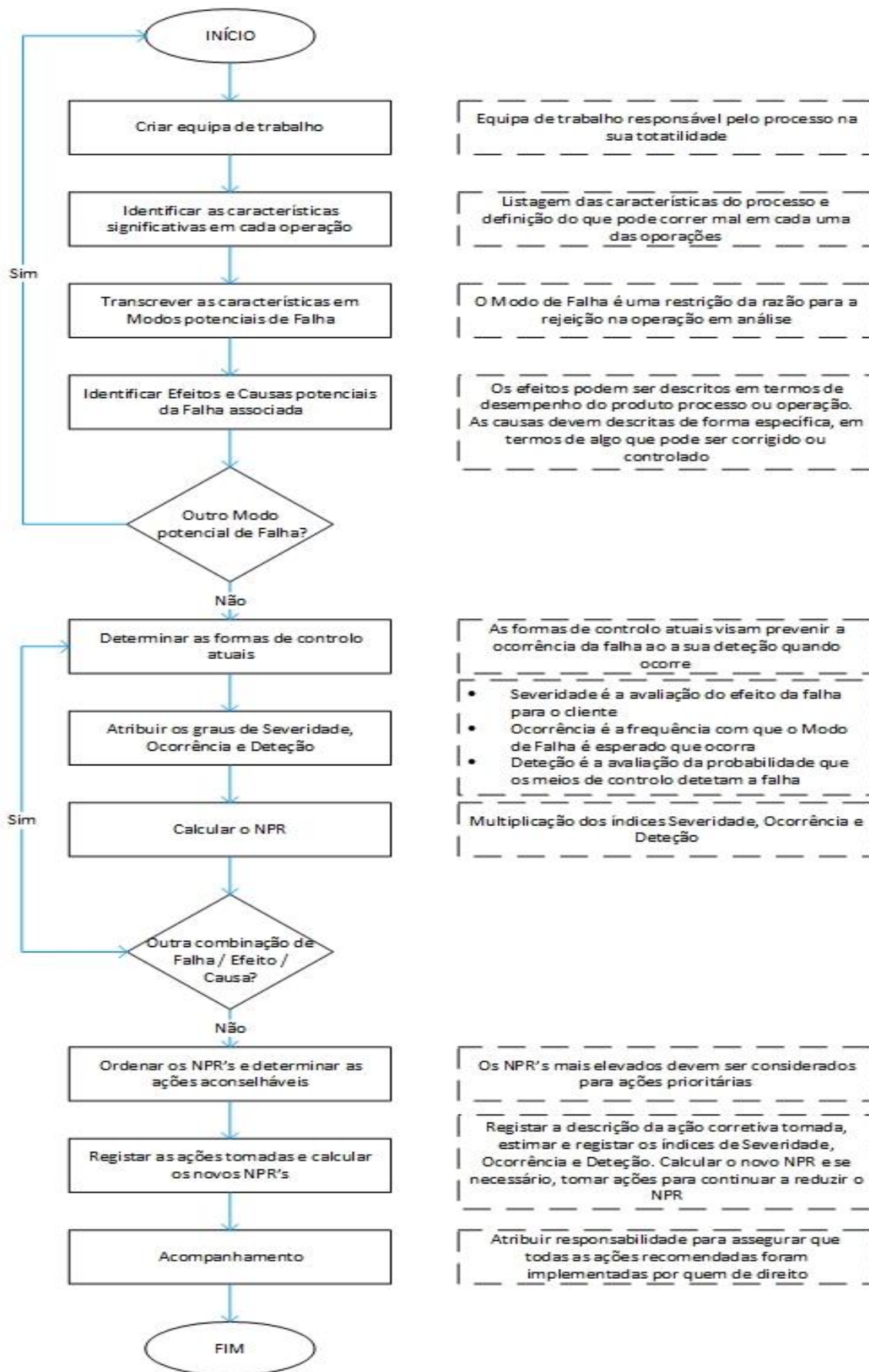


Figura 3.2 - Fluxograma da construção da FMEA (adaptado de Garcia, 2007)

### 3.1.4.1 – Análise Qualitativa

De forma a se proceder a uma correta implementação da FMEA, é necessário que o processo seja minuciosamente analisado e que as principais características, operações e etapas que o compõem sejam devidamente identificadas. Nesta análise pode-se proceder de duas formas (Garcia, 2007):

- Recorrendo a dados históricos, relativos a processos semelhantes;
- Através de uma investigação realizada pela equipa responsável, constatação *in-loco* e utilização de outras técnicas, como por exemplo *brainstorming* ou através da realização de fluxogramas.

Na análise do processo devem ser identificados e detalhados os subprocessos e os seus componentes. É conveniente representar o processo sob a forma de fluxogramas realçando todas as funções essenciais do mesmo.

Nesta fase inicial é muito importante definir os limites do processo, o nível de análise pretendido e definir os critérios que irão ser utilizados para a divisão. O processo pode ser dividido por funções, sistemas e subsistemas, ou componentes individuais. É primordial que os critérios utilizados sejam os mesmos para as fases de conceção, execução e manutenção (Costa e Silva, Fonseca e Brito, 2006).

A componente qualitativa da FMEA compreende um conjunto de dimensões com um certo grau de subjetividade, desta forma é necessário uma breve e sucinta descrição sobre o que consiste cada uma destas dimensões, uma vez que uma correta interpretação das mesmas irá permitir uma aplicação da FMEA mais eficaz.

- **Análise Funcional**

Segundo Costa e Silva, Fonseca e Brito (2006), esta fase consiste na formulação de uma lista onde são identificadas as funções a desempenhar pelo elemento tendo em conta as exigências e expectativas do cliente e os requisitos regulamentares. Esta etapa deve ser elaborada de forma concisa, exata e de fácil compreensão.

- **Modo de Falha**

Segundo Stamatis (2003), uma falha é um problema, preocupação, erro ou um desafio. Corresponde a uma incapacidade do processo de cumprir com as suas funções previamente definidas. O modo de falha é a descrição física da maneira como ocorre uma determinada falha, podendo ter mais do que um nível dependendo da complexidade da função definida. A Figura 3.3 apresenta a metodologia de extração dos modos de falha.



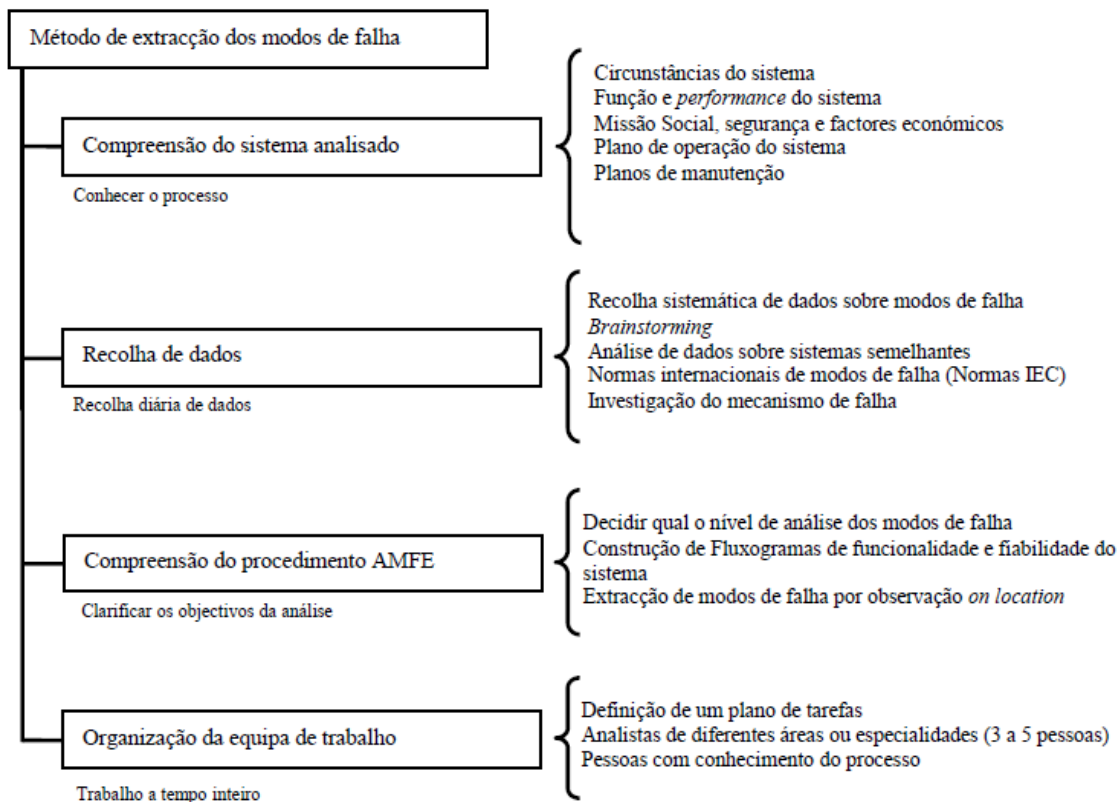


Figura 3.3 - Metodologia de extração dos modos de falha (adaptado de Stamatis, 2003)

Segundo Stamatis (2003) a pergunta chave a fazer nesta fase é “o que pode correr mal?”, tendo em conta por exemplo, o desempenho funcional e os requisitos do processo. Deve ser dado ênfase à forma como a parte considerada pode potencialmente falhar e não à incerteza da ocorrência da falha.

De maneira a identificar os respetivos modos de falha, é necessário recorrer a casos de estudo documentados, opinião de peritos, experiência em campo ou testes laboratoriais. Sendo ainda útil recorrer a FMEA's anteriores, relatórios da qualidade ou reclamações do cliente.

- Efeito da Falha

Segundo Stamatis (2003), o efeito da falha corresponde ao resultado que a respetiva falha tem no processo onde ocorre. De forma a identificar os efeitos da falha, deve-se responder a duas perguntas:

- O que acontece quando a falha ocorre?
- Quais são as consequências da falha?

Podem ocorrer a dois níveis: a nível local, no qual a falha é isolada, não afetando mais nenhum componente ou a nível global, no qual a falha pode e afeta outras funções ou componentes, denominado efeito dominó. Naturalmente uma falha com natureza global terá um maior impacto.

O efeito da falha irá definir a Severidade da falha em questão, sendo que o mesmo tem uma relação direta com a Severidade

- **Causa da Falha**

A existência de uma deficiência no processo origina um modo de falha, sendo esta a causa do mesmo. Devem ser identificadas e descritas as causas mais prováveis de ocorrer para cada modo de falha, dado que cada um pode ter origem em várias causas. Ao tentar perceber quais as causas que desencadearam uma falha, procura-se saber a razão pela qual uma exigência ou um requisito falham, procurando dar-se resposta à seguinte pergunta: “O que tem que acontecer para que a função seja desempenhada corretamente?” (Costa e Silva, Fonseca e Brito, 2006).

### **3.1.4.2 – Análise Quantitativa**

Sendo a FMEA uma metodologia desenvolvida para identificar e prevenir problemas atuais e potenciais, evitando que tenham consequências para o consumidor final, é necessário que os problemas sejam analisados sob várias perspetivas de prioridade. Para se proceder a esta priorização existem três índices que o permitem fazer: Índice de Severidade, o Índice de Ocorrência e o Índice de Detecção.

Os índices podem tomar qualquer valor, não existindo qualquer regra para os quantificar, no entanto existem duas formas mais comuns de os quantificar, utilizadas praticamente por todas as indústrias nos dias de hoje. Ambas as formas com base em critérios qualitativos ou quantitativos, em função do método de análise escolhido. A primeira ordena os valores numa escala nominal de 1 a 5 e a segunda, numa escala nominal de 1 a 10.

Segundo Stamatis (2003), a escala nominal de 1 a 10 oferece uma fácil interpretação, exatidão e precisão na quantificação dos valores atribuídos, recomendando a utilização da mesma. A escala de 1 a 5 é, geralmente, adotada na FMEA do Sistema, no entanto, por sair do âmbito da presente dissertação, não será abordada.

Atendendo a estes argumentos, optou-se pela utilização da escala de 1 a 10, onde as tabelas seguidamente apresentadas foram adaptadas para o caso em estudo na presente dissertação.

- **Índice de Severidade**

O índice de severidade é uma classificação que indica a estimativa da gravidade que o efeito do modo de falha pode potencialmente provocar no processo, cliente ou utilizador final. É aplicado ao efeito do modo de falha, existindo uma correlação direta entre a severidade e o efeito (Stamatis, 2003).

O Índice é atribuído com base numa escala nominal de 1 a 10, sendo que 1 corresponde a uma gravidade insignificante e 10 a uma muito elevada, estando representado na Tabela 3.1 a totalidade dos índices de severidade e respetivas descrições e definições.

**Tabela 3.1 - Índices de Severidade**

| Classificação | Descrição      | Definição  |
|---------------|----------------|--|
| 1             | Insignificante | Efeito da falha sem qualquer impacto perceptível no projeto  |
| 2 / 3         | Reduzido       | Efeito da falha com impacto menor no projeto, podendo ocorrer sem ser notada   |
| 4 / 5 / 6     | Médio          | Efeito da falha com consequências indesejáveis para o projeto, podendo deixar o cliente descontente (custos menores e retrabalhos ligeiros sem pôr em causa os prazos estipulados) |
| 7 / 8         | Elevado        | Efeito da falha tem consequências que afetam o projeto de forma significativa (prazos, custos, qualidade)  |
| 9 / 10        | Muito Elevado  | Efeito da falha tem consequências graves para o desempenho do projeto, podendo originar a paragem do projeto (legais/segurança/normativos)   |

- Índice de Ocorrência

O índice de ocorrência corresponde à frequência estimada com que ocorre um determinado modo de falha. Está diretamente ligado à probabilidade de ocorrer a respetiva causa (Stamatis, 2003).

O Índice é atribuído com base numa escala nominal de 1 a 10, sendo que 1 corresponde a uma probabilidade de ocorrência remota e 10 a uma certa, estando representada na Tabela 3.2 a totalidade dos índices de ocorrência, descrições e definições.

**Tabela 3.2 - Índices de Ocorrência**

| Classificação | Descrição  | Definição                         |
|---------------|------------|-----------------------------------|
| 1             | Remota     | Falha muito improvável de ocorrer |
| 2 / 3         | Baixa      | Falha ocorre poucas vezes         |
| 4 / 5         | Moderada   | Falha ocorre ocasionalmente       |
| 6 / 7         | Alta       | Falha ocorre com frequência       |
| 8 / 9         | Muito Alta | Falha ocorre com muita frequência |
| 10            | Certa      | Falha ocorre constantemente       |

- Índice de Detecção

O índice de deteção corresponde à probabilidade de os atuais controlos implementados detetarem a causa do modo de falha, e o respetivo modo de falha, antes que este chegue ao cliente. Sendo que o objetivo é detetar a deficiência do processo o mais cedo possível (Stamatis, 2003).

Este índice é classificado de ordem inversa, comparativamente aos índices de Gravidade e de Ocorrência, sendo que, quando maior for o índice de Detecção, menos provável será a deteção. Na Tabela 3.3 estão definidos os respetivos índices e as descrições e definições correspondentes.

**Tabela 3.3 - Índices de Detecção**

| Classificação | Descrição   | Definição                                  |
|---------------|-------------|--|
| 1             | Certa       | A causa da falha é sempre detetada         |
| 2 / 3         | Alta        | A causa da falha é muitas vezes detetada   |
| 4 / 5         | Média Alta  | A causa da falha é frequentemente detetada |
| 6 / 7         | Média baixa | A causa da falha é poucas vezes detetada   |
| 8 / 9         | Baixa       | A causa da falha é raramente detetada      |
| 10            | Remota      | A causa da falha não consegue ser detetada |

- Análise da Criticidade

De forma a analisar a criticidade e posteriormente priorizar os modos de falha, recorre-se ao cálculo do Número Prioritário do Risco (NPR). O cálculo do NPR passa pela multiplicação dos três índices supracitados, a Severidade, a Ocorrência e a Detecção. Segundo Stamatis (2003) o NPR é apenas utilizado para ordenar os potenciais modos de falha do processo através da sua priorização. Esta priorização é feita de forma a permitir a canalização dos recursos disponíveis para as falhas mais críticas, com maior NPR, onde se estabelecem planos de ação. O NPR é então calculado através da seguinte forma:

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

Quando surgem dois valores do RPN iguais, a prioridade deverá ser estabelecida em função do que representar maior índice de Severidade e, em seguida, atuar sobre a que tiver maior índice de deteção, caso seja fácil e viável de implementar. A Severidade é abordada primeiro, pois está relacionada com os efeitos da falha (Stamatis, 2003).

Depois de analisados os valores de NPR mais elevados, uma correta priorização das causas deverá passar por uma análise cuidada aos índices de Severidade mais elevados (9 ou 10), independentemente dos índices de ocorrência e deteção.

### **3.1.5 – Limitações da FMEA tradicional**

A FMEA tradicional provou ser uma mais-valia para as organizações no que diz respeito à definição de ações corretivas e preventivas em sistemas, processos e serviços de forma a prevenir a ocorrência de erros ou modos de falha antes que estes cheguem ao cliente. No entanto, é possível encontrar na literatura várias críticas à sua aplicação no procedimento para definição dos índices de risco e priorização das ações corretivas e preventivas.

São várias as limitações apontadas à utilização do RPN tradicional (Sharma et al., 2008) (Zhang e Chu, 2011):

- A importância relativa entre os três índices não é tida em consideração;
- É assumido que os três índices têm a mesma importância;
- Os três índices são difíceis de avaliar de forma precisa;
- Os três parâmetros considerados, não abrangem a totalidades dos fatores que conduzem a uma falha.

A fórmula de cálculo do RPN é questionável e discutível, para além das limitações acima descritas, diferentes combinações dos índices S, O e D podem originar um valor idêntico do RPN, correspondendo a diferentes fatores de risco, isto pode levar a uma aplicação incorreta dos recursos disponíveis por parte da organização, pois essa aplicação pode não ser feita no modo de falha com maior prioridade para as ações corretivas.

## **3.2 – Ferramentas de Suporte**

### **3.2.1 – Diagrama de Pareto**

Este Diagrama é uma ferramenta básica da qualidade, baseada no princípio de Pareto, desenvolvido pelo economista Vilfredo Pareto (1848 – 1923). Este constatou que um número reduzido de pessoas detinha grande parte da riqueza existente. Posteriormente, Joseph Juran adaptou este princípio à gestão da Qualidade considerando que, 80% dos problemas existentes num processo produtivo são causados por 20% das causas passíveis de os provocar (Pereira & Requeijo, 2012).

A ferramenta consiste num gráfico de barras que ordena a frequência das ocorrências, de maneira decrescente, ilustrando a contribuição de cada causa para o problema em análise. Desta forma, o Diagrama permite uma fácil visualização das causas mais determinantes para o respetivo problema,

possibilitando uma canalização mais eficaz dos esforços sobre os mesmos, estabelecendo prioridades de atuação, evitando desperdício a nível temporal e monetário na resolução de causas que não contribuem com significância para o problema (Martins, 2009).

Depois de definido o problema a analisar, as seguintes orientações devem ser seguidas para uma aplicação eficaz do Diagrama (Pereira e Requeijo, 2012):

- Definir os dados a agrupar e o respetivo período de recolha;
- Proceder à recolha dos dados;
- Classificar os dados obtidos em categorias e quantificar cada uma delas;
- Calcular a percentagem relativa de cada categoria;
- Ordenar as percentagens obtidas por ordem decrescente de valor;
- Representar num gráfico de barras as categorias (eixo horizontal) e as respetivas percentagens relativas (eixo vertical);
- Traçar a respetiva curva dos valores acumulados das frequências;

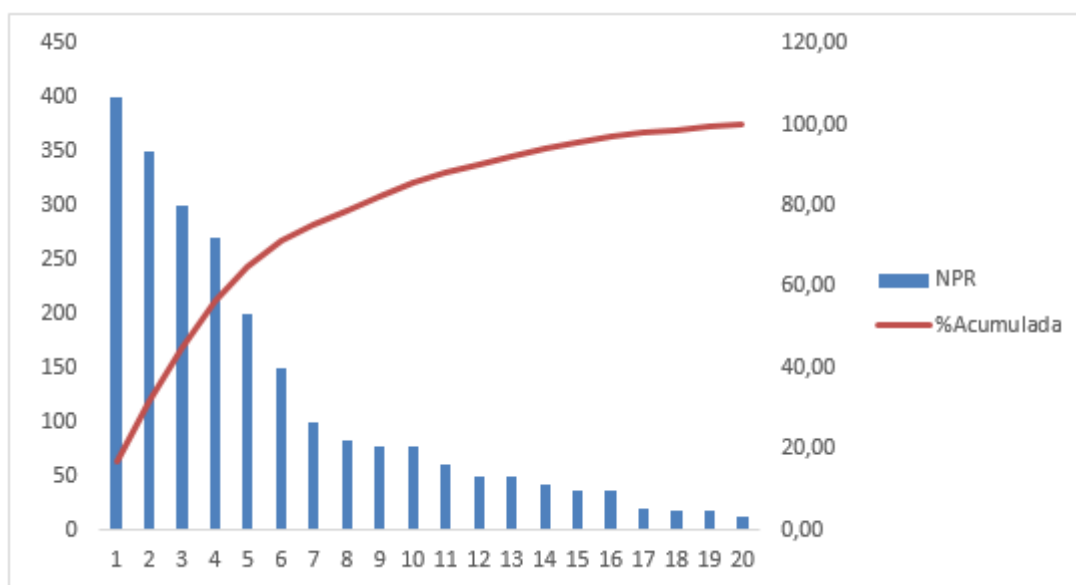
A presente ferramenta, também conhecida por diagrama 80-20, e a consequente análise ABC permitem identificar os tipos de defeitos que contribuem de forma relevante para a não Qualidade do produto ou serviço. Como referido anteriormente, devem ser calculadas as percentagens relativas de cada categoria e posteriormente as percentagens absolutas. Apresenta-se na Tabela 3.4 um exemplo para a formulação do Diagrama de Pareto.

**Tabela 3.4 - Exemplo de dados para a elaboração do Diagrama de Pareto**

| Item | NPR  | %NPR  | %Acumulada |
|------|------|-------|------------|
| 1    | 400  | 17,04 | 17,04      |
| 2    | 350  | 14,91 | 31,96      |
| 3    | 300  | 12,78 | 44,74      |
| 4    | 270  | 11,50 | 56,24      |
| 5    | 200  | 8,52  | 64,76      |
| 6    | 150  | 6,39  | 71,15      |
| 7    | 100  | 4,26  | 75,42      |
| 8    | 83   | 3,54  | 78,95      |
| 9    | 77   | 3,28  | 82,23      |
| 10   | 77   | 3,28  | 85,51      |
| 11   | 60   | 2,56  | 88,07      |
| 12   | 50   | 2,13  | 90,20      |
| 13   | 50   | 2,13  | 92,33      |
| 14   | 42   | 1,79  | 94,12      |
| 15   | 36   | 1,53  | 95,65      |
| 16   | 36   | 1,53  | 97,19      |
| 17   | 20   | 0,85  | 98,04      |
| 18   | 17   | 0,72  | 98,76      |
| 19   | 17   | 0,72  | 99,49      |
| 20   | 12   | 0,51  | 100,00     |
|      | 2347 |       |            |

A análise ABC permite classificar os defeitos em três categorias, segundo o princípio de Pareto: Classe A - Grande relevância, composta por 20% das causas que originam 80% dos problemas; Classe B - Média relevância, representa 30% das causas seguintes que produzem 15% dos efeitos; Classe C – Pequena relevância, representa 50% das causas que originam 5% dos efeitos (Pereira e Requeijo, 2012).

A Figura 3.4 representa o gráfico desenvolvido através dos dados apresentados na tabela acima



**Figura 3.4 - Exemplo do Diagrama de Pareto**

Segundo Garcia (2007), distinguem-se dois tipos de Diagramas: O Pareto por Fenómeno e o Pareto por Causa.

O primeiro, usado para determinar quais os maiores problemas, pode ser aplicado em setores como Qualidade (defeitos, falhas, reclamações, devoluções, reparações), Custo (perdas, despesas), Entregas (ruptura de stock, atrasos nas entregas, atrasos nos pagamentos) e Seguranças (acidentes, falhas de paragens).

O segundo diagrama, usado para determinar quais as principais causas dos problemas, pode ser aplicado aos Operários (turno, idade, experiência, grupo), a Máquinas (Equipamento, ferramenta, modelo, instrumento), a Matéria-prima (fabricante, fábrica, lote, tipo) e ao Método de Operações (condições, encomendas, métodos).

### 3.2.2 – Diagrama em Árvore

O Diagrama em Árvore apresenta a forma de um organograma, permitindo a ilustração com grande detalhe de todas as alternativas, em percursos e eventos, que serão necessárias para atingir o objetivo previamente definido. Ao elaborar este diagrama é assegurado que todos os passos possíveis para resolução de um problema estão ser dados e que as linhas lógicas traçadas são coerentes (Pereira e Requeijo, 2012).

De forma a proceder-se à respetiva elaboração do Diagrama, deve-se seguir os seguintes passos:

- Definição do tema / objetivo final a atingir, através da realização de uma sessão de *Brainstorming* com o intuito de definir os chamados objetivos principais (ou nível 1) que constituem os ramos do objetivo final;
- Continuação do desdobramento através da definição para cada objetivo principal, dos elementos constituintes bem como os respetivos subelementos;
- Revisão do Diagrama, garantindo a lógica do conteúdo e da estrutura da árvore permitindo assim atingir adequadamente o objetivo final.

Na fase em que ocorre o desdobramento das causas do Modo de Falha, estas devem ser representadas em cada passagem de nível através da pergunta “Porquê?”, como representado na Figura 3.5.

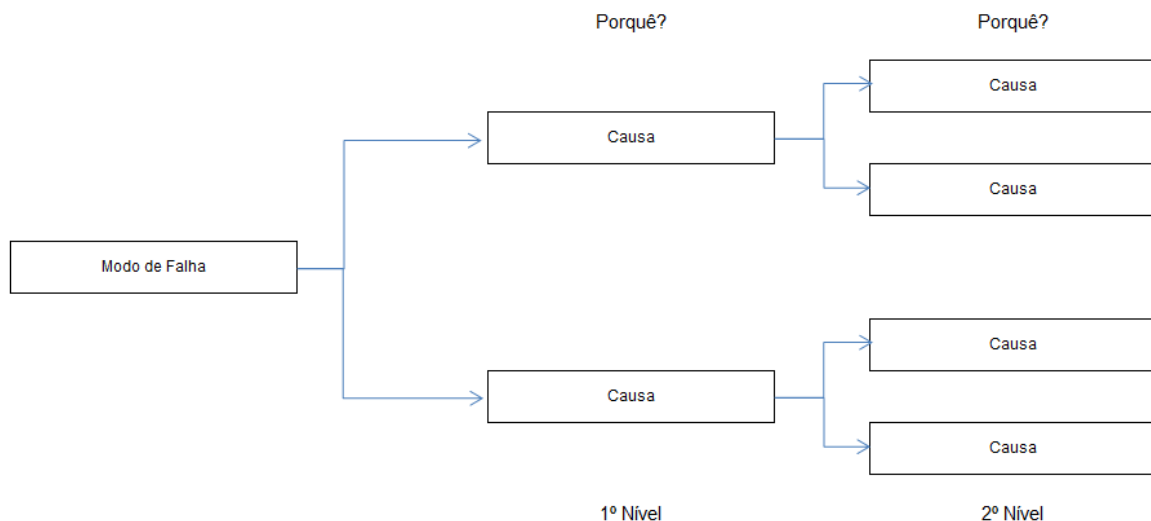


Figura 3.5 - Exemplo de Diagrama em Árvore



## 4 Caracterização geral da empresa

### 4.1 – Siemens no Mundo

A Siemens é uma das maiores empresas de tecnologia do Mundo, estando representada em mais de 190 países, sendo uma organização orientada para o cliente. A Siemens mantém uma grande proximidade com os mercados, estando representados na Figura 4.1 os principais marcos históricos da Siemens no Mundo.

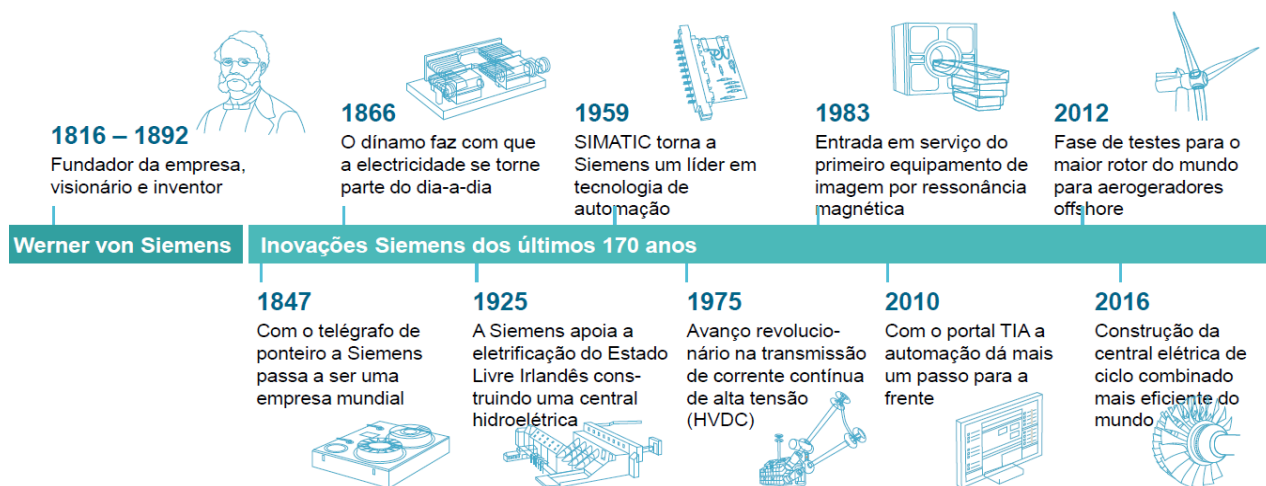


Figura 4.1 - Marcos Históricos da Siemens (Sessão de acolhimento 2017)

No Mundo, a Siemens conta com a colaboração de 351 mil empregados, os quais no exercício de 2016, geraram receitas perto do valor de 80 € mil milhões, com um resultado líquido aproximado de 5,5 € mil milhões.

Sendo um empregador de eleição, a Siemens apresenta uma cultura de alto desempenho onde incentiva a aprendizagem, investindo por ano mais de 250 € milhões na formação e educação dos seus colaboradores, promove a diversidade e o empenho através de uma cultura de pertença e apresenta um ambiente de trabalho atraente.

A inovação está no ADN da Siemens, tendo investido no exercício de 2016 cerca de 4,7 € mil milhões em Investigação e Desenvolvimento (I&D) de novas tecnologias onde conta com a colaboração de 33 mil empregados pelo mundo inteiro, detendo 60 mil patentes.

Um dos principais focos da Siemens a longo prazo passa pelo reforço do seu portefólio nas áreas de eletrificação, automação e digitalização. De forma a concretizar os objetivos estratégicos, a organização da Siemens apresenta uma estrutura flexível descentralizada, direcionada para o cliente e para os mercados, como é apresentado na Figura 4.2.

A divisão que apresenta maior percentagem de vendas é a Power & Gas, com 20% do total das vendas a nível mundial.



Figura 4.2 - Percentagem de vendas por divisão (Sessão de acolhimento 2017)

## 4.2 – Siemens em Portugal

A Siemens, S.A. encontra-se em Portugal há 112 anos, sendo líder no fornecimento de soluções de engenharia nas áreas de Energia, Indústria, Infraestruturas e Saúde. Com cerca de 1700 colaboradores, uma unidade de produção e numerosas parcerias com o meio académico, a Siemens Portugal desempenha um papel ativo no desenvolvimento económico do País. Na Figura 4.3 os estão representados os principais marcos históricos da Siemens em Portugal.

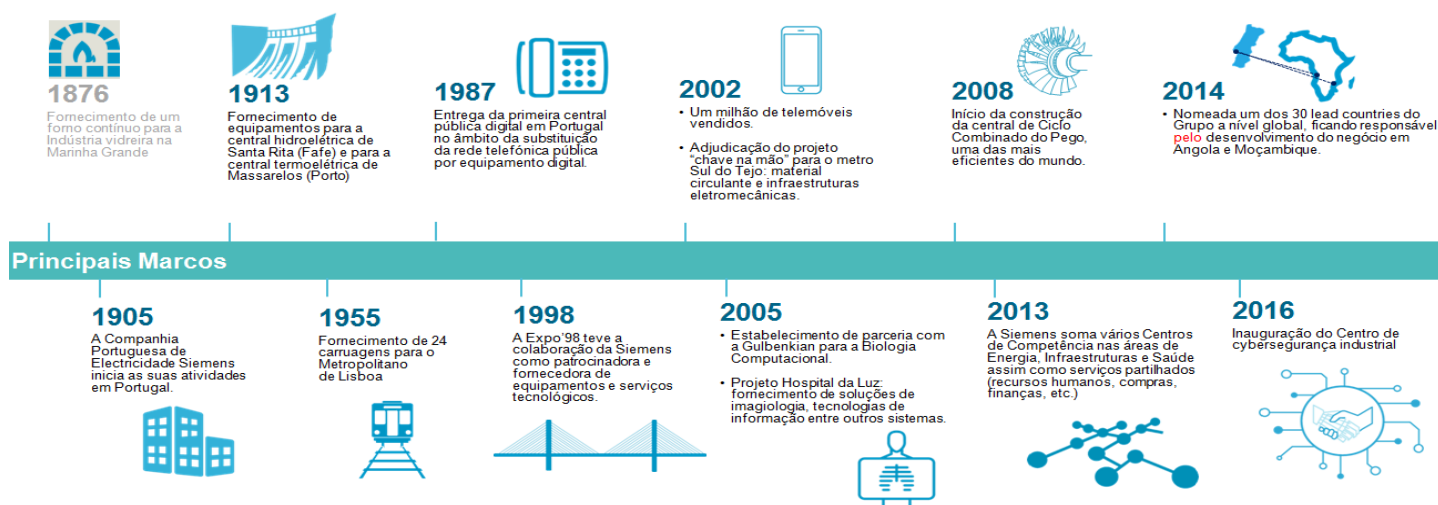
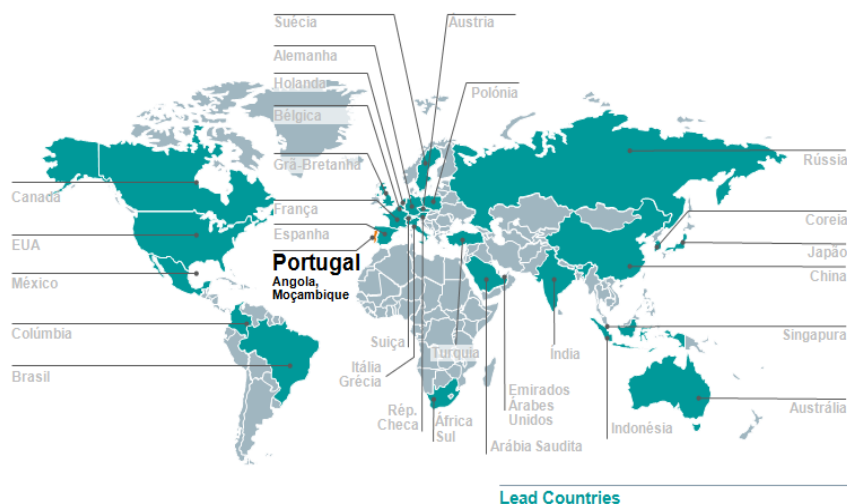


Figura 4.3 - Marcos Históricos da Siemens, S.A. (Sessão de acolhimento 2017)

No exercício de 2016, a Siemens, S.A. registou um montante de cerca de 350 € milhões em vendas, dos quais mais de 50 € milhões foram exportações. Para atingir estes resultados, foram fundamentais os 23 Centros de Competências existentes em Portugal que operam nas áreas da Energia, Mobilidade, Serviços Partilhados e Tecnologias de Informação, desenvolvendo serviços para 200 países.

Portugal, enquanto Lead Country da empresa a nível mundial, dá apoio ao desenvolvimento do negócio da Siemens em Angola e Moçambique.



**Figura 4.4 - Lead Countries Mundiais (Sessão de acolhimento 2017)**

A Siemens, S.A. dispõe de escritórios de Vendas e Serviços em Alfragide, Lisboa (sede) e no Freixieiro, Porto, sendo as operações de logística e transporte asseguradas pelo Centro Logístico de Corroios. A unidade fabril, Fábrica de Quadros Elétricos (FC), situa-se em Corroios.

A organização interna da Siemens está orientada para a concretização dos objetivos estratégicos. O negócio da Siemens, S.A. está estruturado nas seguintes Áreas de:

- *Power and Gas (PG);*
- *Power Generation Services (PS);*
- *Energy Management (EM);*
- *Building Technologies (BT);*
- *Mobility (MO);*
- *Digital Factory (DF);*
- *Process Industries and Drives (PD);*
- *Healthineers (HC);*
- *SPPAL, Lda. (Siemens Postal, Parcel and Airport Logistics).*

As Divisões apresentam-se como unidades de negócio abrangentes que asseguram o fornecimento de soluções, produtos, sistemas e serviços nas respetivas áreas de atuação. Estas unidades organizacionais dispõem dos recursos necessários à sua atividade e são responsáveis pela concretização dos objetivos estratégicos definidos.

A Siemens, S.A. tem implementado um SGI de Qualidade, Ambiente, SST e IDI, onde a gestão de topo assegura o seu compromisso no desenvolvimento e implementação do mesmo e na melhoria contínua da sua eficácia de acordo com os requisitos estabelecidos. A certificação de algumas áreas da Siemens pela norma NP EN ISO 9001 data de 1994. A certificação global da Empresa teve lugar em 1998.

Tendo uma plena consciência do impacto que a sua atividade tem no meio ambiente, a Siemens pretende ter uma pegada de carbono zero até 2030. Para tal, tem previsto um orçamento de mais de 100 € milhões em medidas. A Siemens é certificada pela norma NP EN ISO 14001 desde 2001.

A inovação na Siemens, S.A. é promovida de forma sistemática. Esta abordagem tem favorecido o desenvolvimento de *software*, tecnologia e competências I&D em todas as unidades de negócio, com vista ao incremento do valor para a organização e para os seus clientes. A Siemens obteve em 2010 a certificação pela norma NP 4457.

A saúde e segurança dos colaboradores está no centro das opções estratégicas da Siemens que desenvolveu sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho que está certificado desde 2009 pelas OSHAS 18001 e pela norma NP 4397. Por forma a reforçar a sua Cultura de Segurança, implementou o programa “Zero Harm Culture” que o fundamenta em três princípios básicos:

1. Acreditamos que zero incidentes é possível;
2. Em matéria de saúde e segurança a tolerância é zero;
3. Zelamos uns pelos outros nos vários projetos em que participamos.

Os objetivos estratégicos da Qualidade, do Ambiente, de SST e de IDI são globais para toda a empresa em alinhamento com a estratégia da organização. A sua implementação é monitorizada sistematicamente através de controlos internos sendo que a responsabilidade pela sua concretização é de todos os colaboradores.

A Figura 4.5 representa as certificações da Siemens, S.A., concedidas pela entidade certificadora “APCER”.



Figura 4.5 - Certificados APCER

#### 4.3 – Power & Gas (PG) / Power Generation Services (PS)

Uma vez que o presente trabalho se insere nas Divisões PG e PS, apenas irão ser descritas as suas áreas de negócio mais detalhadamente.

As divisões PG e PS apresentam um vasto portefólio de produtos, soluções e serviços de manutenção compatíveis com o meio ambiente e com a máxima economia de recursos para a produção ecológica de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis e fontes renováveis bem como soluções para o transporte fiável de petróleo e gás natural. Concretamente, a divisão PS é responsável pelo

fornecimento de serviços para centrais elétricas, turbinas a gás e vapor, geradores e compressores onde, entre outros, assegura a manutenção de grandes centrais de ciclo combinado.

Os clientes das divisões PG e PS são fornecedores públicos de energia, produtores independentes de energia, e empresas de engenharia, de aquisição e de construção assim como empresas do ramo petrolífero e do gás.

No âmbito da PG existem diversas unidades de negócio, a saber: PG GT (*Large Gas Turbines, Generators*), PG SU (*Steam Turbines*), PG ES (*Energy Solutions*), PG DG (*Distributed Generation*), PG DR (*Dresser-Rand*). A PS inclui as seguintes unidades de negócio: PS PG (*Power and Gas*), PS DG (*Distributed Generation*), PS CD (*Controls and Digitalization*).

Merecem destaque projetos relevantes destas divisões em Portugal, como por exemplo a construção da maior Central Hidroelétrica reversível do mundo (Frades II) e das intervenções regulares de manutenção nas Centrais Termoelétricas da Tapada do Outeiro e do Ribatejo.

#### **4.4 – Gestão de Projetos – PM@Siemens**

O negócio de Gestão de Projetos começou na Siemens em 1870 com a construção da Linha Telegráfica Europeia entre Londres a Calcutá, percorrendo uma distância de aproximadamente 11.100 Km. Desde então a Gestão de Projetos tem vindo a ser um dos pilares da Siemens, representando nos dias de hoje cerca de metade das receitas totais da Organização.

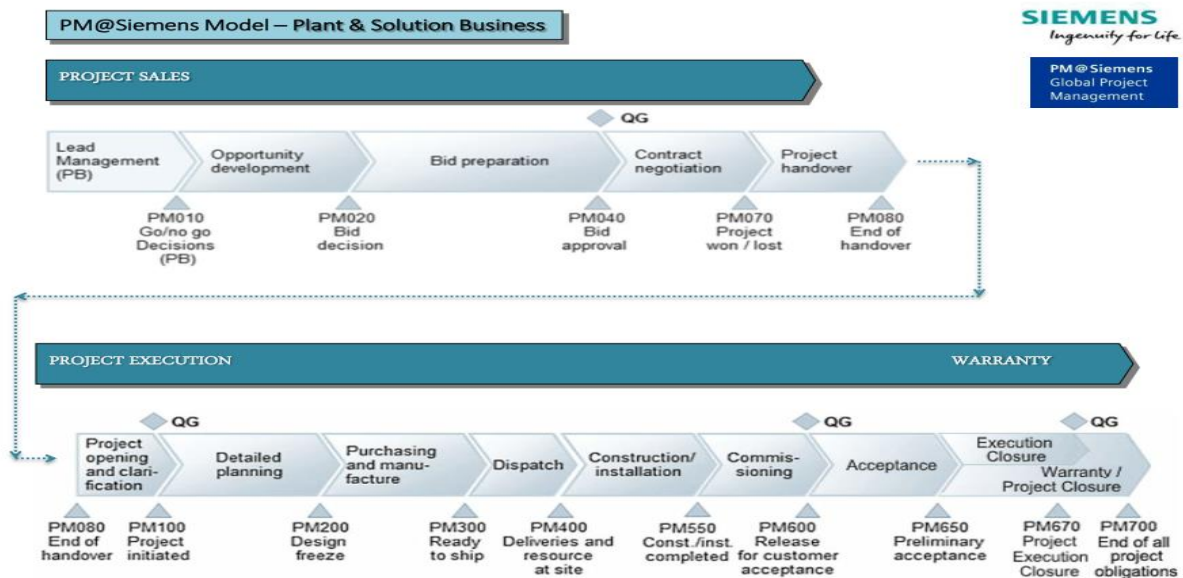
Um projeto define-se como sendo um conjunto de tarefas realizadas de forma planeada, coordenada e controlada de maneira a atingir um objetivo único e claramente definido. Tem uma data de início e uma data de conclusão, requerendo uma otimização de recursos, de tempo e de funções (PM@Siemens Guide).

Dada a sua elevada importância para a organização e complexidade, é um negócio que tem vindo a ser bastante aperfeiçoado ao longo dos anos estando inserido no âmbito da melhoria contínua encontrando-se numa fase bastante consolidada e madura.

Por forma a manter os padrões elevados e de excelência praticados pela Siemens foi elaborado e desenvolvido ao longo dos anos um guia de apoio para os Gestores de Projeto, o PM@Siemens Guide. Este guia fornece processos atuais que proporcionam uma redução da complexidade e continuamente melhoram o planeamento e execução do projeto, contribuindo para o aumento da performance global da organização.

O programa PM@Siemens é uma metodologia de Gestão de Projetos que cobre o ciclo de vida completo de um projeto, desde a aquisição até à aceitação final por parte do cliente. Este processo é subdividido em várias fases que terminam numa *Milestone*, sendo que cada uma possui uma *checklist*

específica para o controlo das atividades a desenvolver. A Figura 4.6 exemplifica o modelo de Gestão de Projetos, definido pelo PM@Siemens.



**Figura 4.6 - Modelo de Gestão de Projetos**  
(PM@Siemens Guide)

Sendo um negócio de extrema importância para a Siemens, inserido numa realidade evolutiva a nível qualitativo e de excelência, estando presente num setor de mercado cada vez mais competitivo e dinâmico é primordial manter a satisfação das partes interessadas. Desta forma foram desenvolvidos mecanismos de análise e avaliação de riscos que são aplicados o mais cedo possível no ciclo de vida do projeto, sendo que ajudam a preparar e evoluir o negócio para desafios futuros.

## 5 Abordagem experimental – Análise FMEA

No presente capítulo serão descritos todos os procedimentos realizados para a aplicação eficiente da metodologia em estudo. Toda a informação utilizada para a realização deste trabalho foi facultada pela Siemens, S.A..

### 5.1 – Objetivo de Estudo

O estudo elaborado no presente trabalho foi realizado na divisão da Siemens fornecedora de soluções, serviços e produtos para a produção de energia elétrica. Desta forma, é essencial manter os padrões de excelência da organização mas também cumprir com os requisitos e exigências apresentados pelas partes interessadas. Sendo o objetivo manter o nível dos padrões elevados, é uma organização certificada pela Norma NP EN ISO 9001 desde 1994 a qual pretende manter-se certificada através da nova versão de 2015. O lançamento da nova versão introduziu algumas mudanças significativas, sendo que a principal é a introdução do conceito de análise de riscos e oportunidades no contexto do negócio. Optou-se por aplicar a FMEA para analisar o negócio mais lucrativo da PG / PS, a Gestão de Projetos. Sendo a FMEA uma metodologia que permite identificar potenciais riscos e oportunidades, esta estabelece uma base para aumentar a eficiência do SGQ ao prevenir efeitos negativos impulsionando a obtenção de melhores resultados.

### 5.2 – Equipa de Trabalho

Para que o desenvolvimento do presente trabalho fosse possível, foi necessário a formação de uma equipa de trabalho, composta pelo autor da dissertação e por uma colaboradora da organização, a responsável pela Qualidade em projetos. Uma equipa ideal para o desenvolvimento de uma FMEA seria constituída por 5 / 7 elementos, mas devido a falta de recursos e de tempo por parte dos colaboradores, tal não foi possível. Uma equipa formada por dois elementos pode induzir em erro e desviar do resultado final desejado sendo que, sempre que fosse necessário foram envolvidos os responsáveis por cada área específica, como representado na Tabela 5.1. Todos os colaboradores, do presente trabalho, foram essenciais na compreensão e assimilação das características do negócio o que permitiu uma perceção simplista e eficiente da totalidade do processo.

Tabela 5.1 - Funções consultadas ao longo do trabalho

| Funções Consultadas                     |
|---|
| Responsável pela Qualidade em Projetos  |
| Responsável pela Segurança em Projetos  |
| Gestor de Projeto - Trabalhos mecânicos |
| Gestor de Projeto - Trabalhos elétricos |
| Gestor comercial do Projeto             |

### 5.3 – O Processo

Foi identificado pela equipa de trabalho a necessidade de aplicar a FMEA ao negócio de Gestão de Projetos. Sendo o negócio mais rentável para a organização, cerca de metade das receitas totais, é essencial manter o nível de excelência e eficiência do SGQ prevenindo a ocorrência de efeitos negativos para a organização.

Dada a elevada dimensão e complexidade do negócio de Gestão de Projetos, foi definido e acordado com a organização que a aplicação da FMEA e das ferramentas de suporte iriam incidir na fase inicial do ciclo de vida do projeto, onde a implementação de medidas preventivas permitirá com mais eficiência prevenir e mitigar efeitos de situação indesejáveis que possam vir a pôr em causa as capacidades da organização em atingir os seus objetivos.

De forma a simplificar o processo e permitir a sua compreensão, foi desenvolvido o fluxograma representado na Figura 5.1.

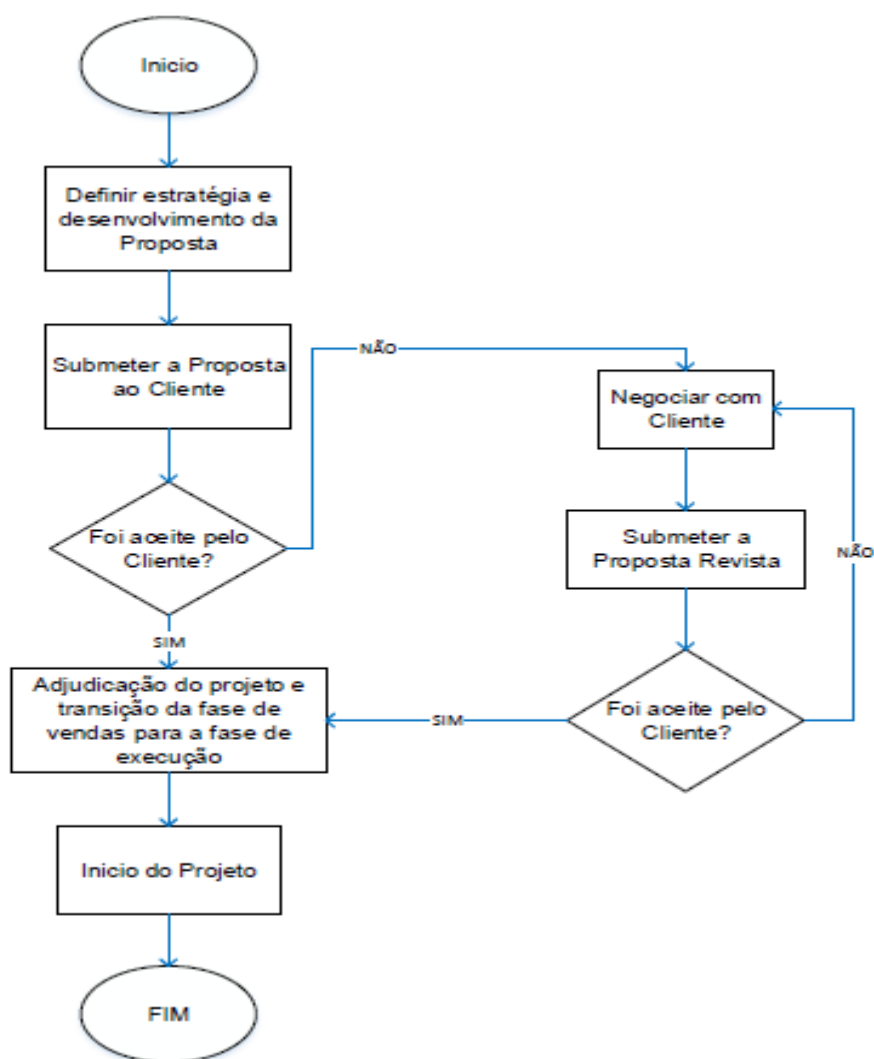


Figura 5.1 - Fluxograma do negócio de Gestão de Projetos



## 5.4 - Aplicação da Metodologia

Depois de ter sido selecionado o negócio a ser analisado, foi realizada uma reunião com o objetivo de clarificar a metodologia que seria aplicada para efetuar a análise de riscos e oportunidades.

Após a reunião, foi definido que o processo de negócio seria dividido em três fases: 1.**Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final**, 2.**Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução** e por último 3.**Início do Projeto**.

O **Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final** tem como objetivo a definição de uma estratégia capaz, adequada às características do projeto, que permitirá o desenvolvimento de uma proposta competitiva por forma a alavancar a negociação de maneira eficiente e consequente aceitação final pelo cliente.

A **Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução** tem como objetivo a finalização da fase de vendas garantindo uma transição estruturada de toda a informação relevante para a equipa de execução prevenindo, desta forma, a ocorrência de não conformidades e o incumprimento dos requisitos, mantendo assim os níveis de satisfação do cliente elevados.

A terceira e última fase a ser analisada é correspondente ao **Início do projeto**, que tem como objetivo a clarificação do conteúdo, dos limites do projeto e consequente início da fase de execução.

Esta divisão foi feita com intuito de simplificar e tornar a análise o mais eficiente possível visto que certas etapas podem ser transversais a várias fases do ciclo de vida do Projeto, dependendo da natureza e das características de cada um.

Após discussão com a equipa de trabalho, a fase 1.**Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final** foi dividida em 14 etapas que estão representadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Fase de Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final

| 1.Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |   |
|---|---|
| 1.1   | Clarificar o âmbito do fornecimento   |
| 1.2   | Avaliar a viabilidade da solução técnica  |
| 1.3   | Avaliar a exequibilidade dos prazos de entrega  |
| 1.4   | Clarificar os requisitos: legais, técnicos, QEHS  |
| 1.5   | Elaborar análise de risco: Estimar e analisar os riscos do projeto                        |
| 1.6   | Acautelar as cláusulas críticas / inaceitáveis  |
| 1.7   | Elaborar a calculação   |
| 1.8   | Processo LoA ( <i>Limits of Authorization</i> ) - Aprovar as alterações por parte da sede |
| 1.9   | Elaborar o Plano da Qualidade   |
| 1.10  | Incorporar <i>Lessons Learned</i> , sempre que aplicável                                  |
| 1.11  | Elaborar as Matrizes de Riscos e Perigos e Aspetos Ambientais                             |
| 1.12  | Definir a estratégia de negociação  |
| 1.13  | Recolher o feedback do Cliente e incorporar as alterações solicitadas                     |
| 1.14  | Nomear formalmente o <i>Project Manager</i>   |

A fase 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto foi posteriormente dividida em 5 etapas e por último a fase 3.Início do projeto foi dividida em 11 etapas como estão representadas respetivamente na Tabela 5.3 e Tabela 5.4.

Tabela 5.3 - Fase de Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto

| 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto |   |
|---|---|
| 2.1   | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM                                   |
| 2.2   | Rever a Análise de Riscos, se aplicável   |
| 2.3   | Rever a calculação, se aplicável  |
| 2.4   | Atualizar as Matrizes de Riscos e Perigos e Aspetos e impactes Ambientais, se aplicável |
| 2.5   | Preparar os contratos a celebrar entre as partes interessadas                           |

Tabela 5.4 - Fase de Início do Projeto

| 3.Início do projeto |  |
|---------------------|--|
| 3.1                 | Definir a organização para o projeto   |
| 3.2                 | Analisar o contrato e esclarecer as dúvidas técnicas, comerciais e jurídicas |
| 3.3                 | Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"               |
| 3.4                 | Rever a Análise de Risco   |
| 3.5                 | Rever a calculação   |
| 3.6                 | Acordar os objetivos para o PM   |
| 3.7                 | Elaborar o Planeamento das atividades do projeto                             |
| 3.8                 | Elaborar a Lista de fornecedores   |
| 3.9                 | Rever o PQ   |
| 3.10                | Elaborar/definir a documentação EHS prévia ao início de obra                 |
| 3.11                | Realizar a <i>Kick off meeting</i>   |

#### 5.4.1 – Análise Qualitativa

As tabelas completas referentes à análise realizada no presente estudo são apresentadas no Anexo A – Tabelas FMEA. Devido à extensão do conteúdo do presente trabalho, apenas será dado ênfase a uma etapa de cada fase identificada, sendo elas a etapa 1.12 da fase 1, a etapa 2.1 da fase 2 e por último a etapa 3.3 da fase 3.

- **Análise Funcional**

Todas as etapas no negócio de Gestão de Projetos devem ser concluídas da forma mais eficiente possível, cumprindo sempre os requisitos do cliente, legais e da organização para que seja possível a otimização do desempenho do negócio e o consequente aumento da satisfação do cliente.

- **Identificação dos Modos de Falha e Oportunidades**

Após discussão com o grupo de trabalho e consulta de documentos associados, como procedimentos internos de Qualidade, Ambiente e Segurança, PM@Siemens Guide e oportunidades de melhoria relativos a projetos anteriores, foi possível identificar e validar os modos de falha de cada etapa associada ao negócio.

A Tabela 5.5 demonstra os Modos de Falha, que após validadas com a equipa de trabalho foram incluídas na Tabela FMEA. A tabela está relacionada com fase 1. **Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final** e é referente à etapa 1.12 - **Definir a estratégia de negociação**.

Tabela 5.5 - Modos de Falha identificados para a etapa Definir a estratégia de negociação

|      |  |
|------|--|
| 1.12 | Definir a estratégia de negociação           |
|      | Insuficiente informação sobre a concorrência |
|      | Deficiente aproximação junto do Cliente      |
|      | Limites de negociação desajustados           |

Nesta mesma fase foram ainda identificadas duas oportunidades, estando representadas a verde na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Oportunidades identificadas na fase de Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final

|      |  |
|------|--|
| 1.10 | Incorporar <i>Lessons Learned</i> , sempre que aplicável               |
|      | Inexistência de <i>Lessons Learned</i> referentes a projetos similares |
|      | Desinteresse por parte da equipa                                       |
|      | <b>Visionamento dos <i>Lessons Learned</i> em conjunto</b>             |
| 1.13 | Recolher o feedback do Cliente e incorporar as alterações solicitadas  |
|      | Má interpretação das alterações solicitadas                            |
|      | Inviabilidade das Alteração solicitadas                                |
|      | Definição de nova proposta fora do prazo estipulado                    |
|      | <b>Reunião de apresentação da equipa envolvida</b>                     |

Apesar de serem poucas as oportunidades identificadas ambas podem ter um impacto significativamente positivo no negócio.

O **Visionamento dos *Lessons Learned* em conjunto** com toda a equipa de vendas e de execução e a consequente discussão permite um aumento da eficiência relativamente a projetos anteriores e uma constante melhoria contínua devido ao facto de o *Lessons Learned* ser uma base de dados de oportunidades de melhoria, de experiências positivas e negativas e de riscos identificados em projetos anteriores.

A **Reunião de apresentação da equipa envolvida** ao cliente é uma oportunidade de demonstrar os valores e de evidenciar os padrões de excelência praticados pela Siemens através da apresentação de pessoal chave da equipa de execução, sendo uma tentativa de aproximação junto do cliente e distanciamento da negociação a nível monetário.

O mesmo processo foi replicado para as fases 2. **Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto** e 3. **Início do projeto**, estando representado nas tabelas (Tabela 5.7 e Tabela 5.8) os Modos de Falha identificados para as etapas de 2.1 - **Transferir a documentação da fase de vendas para o PM** e 3.1 - **Definir a estratégia para as alterações ao contrato e “claims”**.

**Tabela 5.7 - Modos de Falha identificados para a etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM**

| 2.1 | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM |
|-----|---|
|     | Não indicação de aspetos críticos                     |
|     | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i>  |
|     | Não preenchimento do <i>Handover Protocol</i>         |

**Tabela 5.8 - Modos de Falha identificados para a etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"**

| 3.3 | Definir a estratégia para as alterações ao contrato e <i>claims</i> |
|-----|---|
|     | Falta de conhecimento contratual                                    |
|     | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto       |
|     | Estabelecimento de limites a alterações desajustado                 |

Para estas duas fases não foram identificadas oportunidades, tendo sido posteriormente definidas, ações de melhoria no âmbito da aplicação da FMEA as quais seguem o mesmo objetivo de reduzir ocorrências indesejáveis e consequentemente otimizar o negócio.

- **Identificação dos efeitos potenciais da falha**

Após uma sessão de *brainstorming* com a equipa de trabalho, foram definidos os potenciais efeitos para cada modo de falha identificado anteriormente. O resultado vem demonstrado nas tabelas seguintes (Tabela 5.9, Tabela 5.10 e Tabela 5.11).

Os Modos de Falha identificados a cinzento formam um conjunto que originam os mesmos Efeitos potenciais.

Tabela 5.9 - Efeitos identificados para a etapa Definir a estratégia de negociação

| 1. Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |                                    |   |
|--|------------------------------------|---|
| Etapa  | Modos de Falha                     | Efeitos   |
| 1.12   | Definir a estratégia de negociação | Insuficiente informação sobre a concorrência                  |
|  |                                    | - Formulação de preços desajustada do mercado                 |
|  |                                    | - Incapacidade de desenvolvimento de uma proposta competitiva |
|  |                                    | Deficiente aproximação junto do cliente                       |
|  |                                    | - Perda de vantagem negocial                                  |
|  |                                    | - Perda do projeto  |
|  | Limites de negociação desajustados | - Inviabilidade de realização do projeto                      |
|  |                                    | - Perda de margem de lucro                                    |

Tabela 5.10 - Efeitos identificados para a etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM

| 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto |   |  |
|---|---|--|
| Etapa   | Modos de Falha  | Efeitos  |
| 2.1   | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM | Não indicação de aspetos críticos                                  |
|   |   | - Custos acrescidos com situações não previstas                    |
|   |   | - Inviabilidade de execução técnica, comercial e temporal          |
|   |   | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i>               |
|   |   | - Impossibilidade de melhoria relativamente a projeto anteriores   |
|   |   | - Perda de melhoria continua e da eficiência                       |
|   | Não preenchimentos do <i>Handover Protocol</i>        | - Incumprimento dos requisitos da organização                      |
|   |   | - Documentação relevante do projeto (prevista no SGQ) por elaborar |

Tabela 5.11 - Efeitos identificados para a etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"

| 3. Início do projeto |   |  |
|----------------------|---|--|
| Etapa                | Modos de Falha  | Efeitos  |
| 3.3                  | Falta de conhecimento contratual                              | - Inviabilidade de estabelecimento de uma estratégia eficaz  |
|                      | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto | - Perda de vantagem negocial   |
|                      | Estabelecimento de limites a alterações desajustado           | - Perda de vantagem negocial   |
|                      |   | - Custos acrescidos devido a alterações propostas pelo cliente   |
|                      |   | - Incumprimento do estabelecido no procedimento de Qualidade da organização: "Change order management"; Gestão de "claims" |

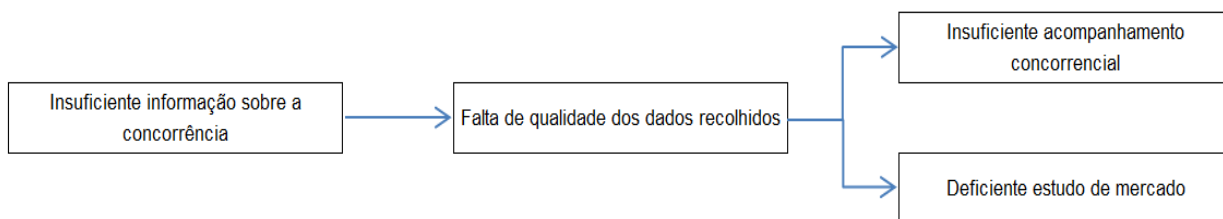
### • Identificação das Causas potenciais da falha

As causas potenciais dos modos de falha têm uma importância elevada para a construção e análise eficiente da FMEA. São sobre elas implementadas ações de melhoria e de correção, pois quanto maior o foco na causa raiz do problema, maior será o sucesso de eliminação das falhas.

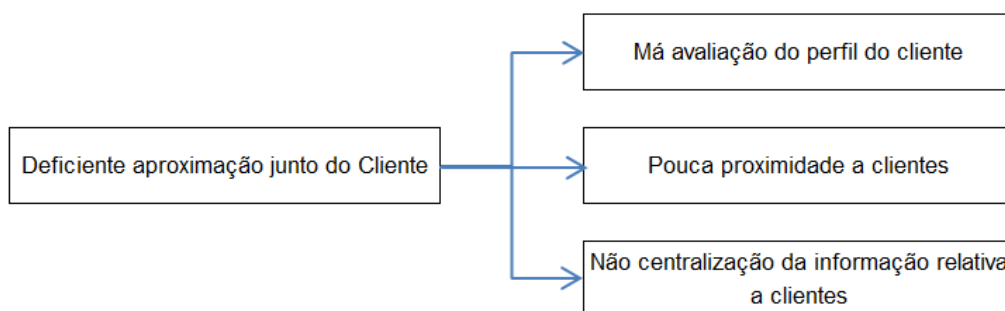
Devido ao desafio que é a recolha de dados e informação relativo às falhas, houve a necessidade de recorrer a uma ferramenta de apoio à construção da FMEA, o diagrama em árvore.

Para cada modo de falha identificado, através de uma sessão de *brainstorming* com a equipa de trabalho, procurou-se o "porquê" da ocorrência da falha.

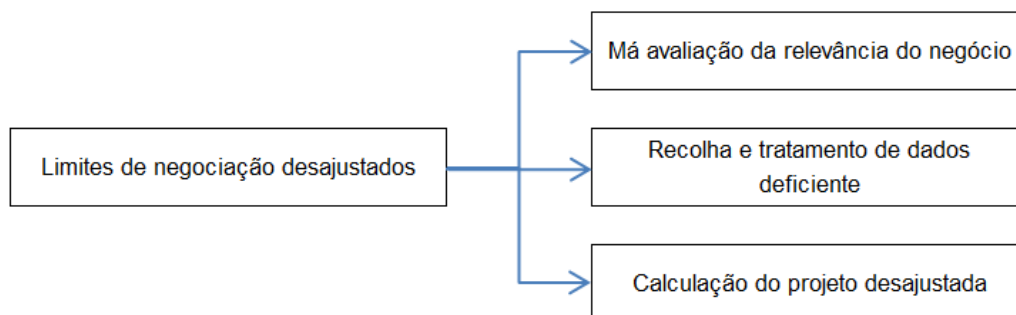
As figuras (Figura 5.2, Figura 5.3 e Figura 5.4) representam respetivamente os diagramas em árvore para os três modos de falha identificados na etapa 1.12 - **Definir a estratégia de negociação** "Insuficiente informação sobre a concorrência", "Deficiente aproximação junto do cliente" e "Limites de negociação desajustados", respetivamente. A totalidade dos Diagramas está representado no Anexo B – Diagramas em Árvore.



**Figura 5.2 - Diagrama em Árvore para o modo de falha "Insuficiente informação sobre a concorrência" da etapa 1.12**



**Figura 5.3 - Diagrama em Árvore para o modo de falha "Deficiente aproximação junto do cliente" da fase 1.12**



**Figura 5.4 - Diagrama em Árvore para o modo de falha " Limites de negociação desajustados" da 1.12**

Os diagramas do presente trabalho foram reduzidos às causas principais por terem maior importância ou peso na ocorrência das falhas.

O mesmo processo foi replicado para os restantes modos de falha, estando representado nas tabelas (Tabela 5.12, Tabela 5.13 a Tabela 5.14) os resultados alcançados para as etapas 1.12, 2.1 e 3.3, respetivamente.



Tabela 5.12 - Causas identificados para a etapa Definir a estratégia de negociação

| 1. Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |  |  |  |
|--|--|--|--|
| Etapa  | Modos de Falha                               | Efeitos  | Causas   |
| 1.12   | Insuficiente informação sobre a concorrência | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formulação de preços desajustada do mercado</li> <li>- Incapacidade de desenvolvimento de uma proposta competitiva</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de qualidade dos dados recolhidos</li> <li>- Deficiente estudo de mercado</li> <li>- Insuficiente acompanhamento concorrencial</li> </ul>     |
|  | Deficiente aproximação junto do cliente      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda de vantagem negocial</li> <li>- Perda do projeto</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Má avaliação do perfil do cliente</li> <li>- Pouca proximidade a clientes</li> <li>- Não centralização da informação relativa a clientes</li> </ul> |
|  | Limites de negociação desajustados           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inviabilidade de realização do projeto</li> <li>- Perda de margem de lucro</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Má avaliação da relevância do negócio</li> <li>- Recolha e tratamento de dados deficiente</li> <li>- Cálculo do projeto desajustada</li> </ul>      |

Tabela 5.13 - Causas identificados para a etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM

| 2. Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto |  |   |  |
|--|--|---|--|
| Etapa  | Modos de Falha                                       | Efeitos   | Causas   |
| 2.1  | Não indicação de aspetos críticos                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Custos acrescidos com situações não previstas</li> <li>- Inviabilidade de execução técnica, comercial e temporal</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não presença de elementos chave na reunião de passagem de informação das vendas para a execução</li> <li>- Má avaliação da sua relevância</li> <li>- Falta de conhecimento dos trabalhos a realizar</li> <li>- Não consideração do valor de risco do projeto</li> </ul> |
|  | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Impossibilidade de melhoria relativamente a projeto anteriores</li> <li>- Perda de melhoria continua e da eficiência</li> </ul>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recolha e tratamento de dados deficiente</li> <li>- Não inclusão de funções experientes na reunião de passagem de informação das vendas para a execução</li> <li>- Inexistência de <i>lessons Learned</i> de projeto semelhantes</li> </ul>                             |
|  | Não preenchimentos do <i>Handover Protocol</i>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incumprimento dos requisitos da organização</li> <li>- Documentação relevante do projeto (prevista no SGQ) por elaborar</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentação prevista no SGQ por elaborar</li> </ul>  |

Tabela 5.14 - Causas identificados para a etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"

| 3. Início do projeto |   |  |   |
|----------------------|---|--|---|
| Etapa                | Modos de Falha  | Efeitos  | Causas  |
| 3.3                  | Falta de conhecimento contratual                              | - Inviabilidade de estabelecer uma estratégia eficaz   | - Não envolvimento do órgão compliance<br>- Equipa de projeto com qualificação desajustada<br>- Não envolvimento da equipa de execução na fase de desenvolvimento contratual  |
|                      | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto | - Perda de vantagem negocial   | - Não envolvimento da equipa de execução na fase de desenvolvimento/vendas<br>- Equipa de projeto com qualificação desajustada<br>- Não presença dos elementos chave da equipa de vendas / execução na reunião para transição da informação |
|                      | Estabelecimento de limites a alterações desajustado           | - Perda de vantagem negocial<br>- Custos acrescidos devido a alterações propostas pelo cliente<br>- Incumprimento do estabelecido no procedimento de Qualidade da organização: "Change order management"; Gestão de "claims" | - Má avaliação da relevância do projeto<br>- Recolha e tratamento de dados deficiente<br>- Desconhecimento dos objetivos financeiros do projeto   |

De relembrar que os modos de falha sombreados a cinzento originam um conjunto dos mesmos efeitos.

#### 5.4.2 – Valoração do Risco

O processo foi simplificado de forma a facilitar o tratamento de dados obtidos. Assim sendo, os índices de Severidade, Ocorrência e Detecção foram aplicados, respetivamente, ao conjunto de Efeitos, Causas e Medidas de Controlo identificadas para cada Modo de Falha. Sendo que o valor do índice atribuído corresponde à média do conjunto em estudo.

##### • Índice de Severidade

O índice de severidade foi estabelecido de acordo com o potencial efeito que os modos de falha podem vir a ter em termos de rendimento, qualidade, custos, cliente e organização. A Tabela 3.1, que consta do Capítulo 3 da presente dissertação, define os parâmetros, referentes aos Índices de Severidade (S), que foram atribuídos a cada conjunto de efeitos respetivamente. A Tabela 5.15 é referente à etapa 1.12 - Definir a estratégia de negociação.

Tabela 5.15 - Índices de Severidade atribuídos à etapa Definir a estratégia de negociação

| 1. Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |  |   |     |
|--|--|---|-----|
| Etapa  | Modos de Falha                               | Efeitos   | (S) |
| 1.12   | Insuficiente informação sobre a concorrência | - Formulação de preços desajustada do mercado                 | 5   |
|  |  | - Incapacidade de desenvolvimento de uma proposta competitiva |     |
|  | Deficiente aproximação junto do cliente      | - Perda de vantagem negocial                                  | 8   |
|  |  | - Perda do projeto  |     |
|  | Limites de negociação desajustados           | - Inviabilidade de realização do projeto                      | 8   |
|  |  | - Perda de margem de lucro                                    |     |

O mesmo processo foi replicado para as fases de **Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto** e **Início do projeto**, estando abaixo representados nas tabelas (Tabela 5.16 e Tabela 5.17) os Índices de Severidade respectivamente atribuídos às etapas de 2.1 -Transferir a documentação da fase de vendas para o PM e 3.3 – Definir a estratégia para as alterações ao contrato e “claims”.

Tabela 5.16 - Índices de Severidade atribuídos à etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM

| 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto |   |  |  |     |
|---|---|--|--|-----|
| Etapa   | Modos de Falha  |  | Efeitos  | (S) |
| 2.1   | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM | Não indicação de aspetos críticos                    | - Custos acrescidos com situações não previstas                    | 8   |
|   |   |  | - Inviabilidade de execução técnica, comercial e temporal          |     |
|   |   | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i> | - Impossibilidade de melhoria relativamente a projeto anteriores   | 5   |
|   |   |  | - Perda de melhoria continua e da eficiência                       |     |
|   |   | Não preenchimentos do <i>Handover Protocol</i>       | - Incumprimento dos requisitos da organização                      | 5   |
|   |   |  | - Documentação relevante do projeto (prevista no SGQ) por elaborar |     |

Tabela 5.17 - Índices de Severidade atribuídos à etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"

| 3. Início do projeto |  |   |  |     |
|----------------------|--|---|--|-----|
| Etapa                | Modos de Falha   |   | Efeitos  | (S) |
| 3.3                  | Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" | Falta de conhecimento contratual                              | - Inviabilidade de estabelecer uma estratégia eficaz   | 6   |
|                      |  | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto | - Perda de vantagem negocial   |     |
|                      |  | Estabelecimento de limites a alterações desajustado           | - Perda de vantagem negocial   | 7   |
|                      |  |   | - Custos acrescidos devido a alterações propostas pelo cliente   |     |
|                      |  |   | - Incumprimento do estabelecido no procedimento de Qualidade da organização: "Change order management"; Gestão de "claims" |     |

### • Índice de Ocorrência

O índice de ocorrência foi estabelecido de acordo com a probabilidade de ocorrência das causas dos modos de falha. Os parâmetros referentes aos Índices de Ocorrência estão definidos na Tabela 3.2, presente no Capítulo 3 desta dissertação, aos quais foram atribuídos a cada Causa identificada por

forma a representar a sua frequência de ocorrência, como está representado da Tabela 5.18, os índices atribuídos à etapa 1.12 - **Definir a estratégia de negociação**.

**Tabela 5.18 - Índices de Ocorrência atribuídos à etapa Definir a estratégia de negociação**

| 1. Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |                                    |  |  |        |     |
|--|------------------------------------|--|--|--------|-----|
| Etapa  |                                    | Modos de Falha                               |  | Causas | (O) |
| 1.12   | Definir a estratégia de negociação | Insuficiente informação sobre a concorrência | <ul style="list-style-type: none"><li>- Falta de qualidade dos dados recolhidos</li><li>- Deficiente estudo de mercado</li><li>- Insuficiente acompanhamento concorrencial</li></ul>     |        | 4   |
|  |                                    | Deficiente aproximação junto do cliente      | <ul style="list-style-type: none"><li>- Má avaliação do perfil do cliente</li><li>- Pouca proximidade a clientes</li><li>- Não centralização da informação relativa a clientes</li></ul> |        | 3   |
|  |                                    | Limites de negociação desajustados           | <ul style="list-style-type: none"><li>- Má avaliação da relevância do negócio</li><li>- Recolha e tratamento de dados deficiente</li><li>- Cálculo do projeto desajustada</li></ul>      |        | 3   |

Como já acima referido, o mesmo processo foi replicado para as restantes fases, estando representado nas tabelas (Tabela 5.19 e Tabela 5.20) os índices de Ocorrência para as etapas 2.1 - **Transferir a documentação da fase de vendas para o PM** e 3.3 - **Definir a estratégia para as alterações ao contrato e “claims”**, respetivamente.

**Tabela 5.19 – Índices de Ocorrência atribuídos à etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM**

| 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase |   |   |     |
|--|---|---|-----|
| Etapa  | Modos de Falha  | Causas  | (O) |
| 2.1  | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM | <ul style="list-style-type: none"><li>- Não presença de elementos chave na reunião de passagem de informação das vendas para a execução</li><li>- Má avaliação da sua relevância</li><li>- Falta de conhecimento dos trabalhos a realizar</li><li>- Não consideração do valor de risco do projeto</li></ul> | 4   |
|  | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i>  | <ul style="list-style-type: none"><li>- Recolha e tratamento de dados deficiente</li><li>- Não inclusão de funções experientes na reunião de passagem de informação das vendas para a execução</li><li>- Inexistencia de <i>lessons Learned</i> de projeto semelhantes</li></ul>                            | 4   |
|  | Não preenchimentos do <i>Handover Protocol</i>        | <ul style="list-style-type: none"><li>- Documentação prevista no SGQ por elaborar</li></ul>   | 4   |

**Tabela 5.20 - Índices de Ocorrência atribuídos à etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"**

| <b>3. Início do projeto</b> |  |   |  |
|-----------------------------|--|---|--|
| Etapa                       | Modos de Falha   | Causas  | (O)  |
| <b>3.3</b>                  | Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" | Falta de conhecimento contratual                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não envolvimento do órgão <i>compliance</i></li> <li>- Equipa de projeto com qualificação desajustada</li> <li>- Não envolvimento da equipa de execução na fase de desenvolvimento contratual</li> </ul> <b>3</b>   |
|                             |  | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não envolvimento da equipa de execução na fase de desenvolvimento / vendas</li> <li>- Equipa de projeto com qualificação desajustada</li> <li>- Não presença dos elementos chave da equipa de vendas / execução na reunião para transição da informação</li> </ul> <b>5</b> |
|                             |  | Estabelecimento de limites a alterações desajustado           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Má avaliação da relevância do projeto</li> <li>- Recolha e tratamento de dados deficiente</li> <li>- Desconhecimento dos objetivos financeiros do projeto</li> </ul> <b>2</b>   |

### • Índice de Detecção

O índice de deteção foi estabelecido de acordo com a probabilidade com que os controlos atualmente implementados pela organização detetariam as causas dos modos de falha. Os parâmetros referentes aos índices de deteção estão definidos na Tabela 3.3 no Capítulo 3 da presente dissertação. A Tabela 5.20 demonstra tanto os índices atribuídos como as medidas de controlo implementadas à etapa 1.12 - Definir a estratégia de negociação.

**Tabela 5.21 - Índices de Detecção atribuídos à etapa Definir a estratégia de negociação**

| 1. Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |                                    |  |  |                     |     |
|--|------------------------------------|--|--|---------------------|-----|
| Etapa  |                                    | Modos de Falha                               |  | Medidas de Controlo | (D) |
| 1.12   | Definir a estratégia de negociação | Insuficiente informação sobre a concorrência | Envolvimento da função BD ( <i>Business Development</i> ) na fase de desenvolvimento da proposta |                     | 3   |
|  |                                    | Deficiente aproximação junto do cliente      | CRM/Key Account Managers/Sistemática Visitas a Clientes/NPS                                      |                     | 3   |
|  |                                    | Limites de negociação desajustados           | CRM/Key Account Managers/Sistemática Visitas a Clientes/NPS                                      |                     | 3   |

O mesmo processo foi replicado para as restantes fases, estando representado nas tabelas (Tabela 5.22 e Tabela 5.23) os índices de Detecção para as etapas 2.1 - **Transferir a documentação da fase de vendas para o PM** e 3.3 - **Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"**, respetivamente.

**Tabela 5.22 - Índices de Detecção atribuídos à etapa Transferir a documentação da fase de vendas para o PM**

| <b>2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução</b> |   |  |   |          |
|---|---|--|---|----------|
| Etapa   |   | Modos de Falha                                       | Medidas de Controlo                                     | (D)      |
| <b>2.1</b>  | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM | Não indicação de aspetos críticos                    | PT-PGPS-QAS-T07-02/PCMB 2.3.1.1-8                       | <b>4</b> |
|   |   | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i> | PCMB 2.3.1.1 - 8 / Base de Dados <i>Lessons Learned</i> | <b>4</b> |
|   |   | Não preenchimento do <i>Handover Protocol</i>        | <i>Checklist</i> PM@Siemens / PCMB 2.3.1.1-8            | <b>2</b> |

**Tabela 5.23 - Índices de Detecção atribuídos à etapa Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"**

| <b>3. Início do projeto</b> |  |   |  |          |
|-----------------------------|--|---|--|----------|
| Etapa                       |  | Modos de Falha  | Medidas de Controlo  | (D)      |
| <b>3.3</b>                  | Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims" | Falta de conhecimento contratual                              | PT-PGPS-Q-V09-02 / PT-PGPS-Q-V08-02  | <b>5</b> |
|                             |  | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto | PT-PGPS-Q-V09-02 / PT-PGPS-Q-V08-02  | <b>5</b> |
|                             |  | Estabelecimento de limites a alterações desajustado           | Revisão (princípio dos 4 olhos) / PT-PGPS-Q-V09-02 / PT-PGPS-Q-V08-02 / PCMB 2.3.1.3 - 4 / 1.9.1.5 - 1 | <b>3</b> |

### 5.4.3 - Fase de reavaliação e Melhoria da FMEA

De forma a dar continuidade à análise da FMEA é necessário priorizar as falhas, de maneira a identificar as mais significativas para o negócio e definir, posteriormente, as ações melhoria respetivas.

Foi definido, pela equipa de trabalho, de forma a tratar os dados de maneira mais eficiente, que iria ser atribuído um NPR a cada modo de falha identificado. Cada modo de falha corresponde um conjunto de causas específico. As ações de melhoria, posteriormente definidas, têm em consideração o modo de falha como as deficiências no processo identificadas, o respetivo conjunto de causas.

### 5.4.3.1 - Análise das prioridades: 1ª Fase - Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final

Na 1ª fase do processo em estudo, foram identificados 32 modos de falha. De maneira a priorizar os modos de falha é necessário calcular os respectivos NPR'S, que passa pela multiplicação dos Índices de Severidade, Ocorrência e Detecção, anteriormente atribuídos. A Tabela 5.24 representa os modos de falha identificados, os respectivos índices e por fim os NPR'S calculados.

**Tabela 5.24 - NPR'S calculados para a fase Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final**

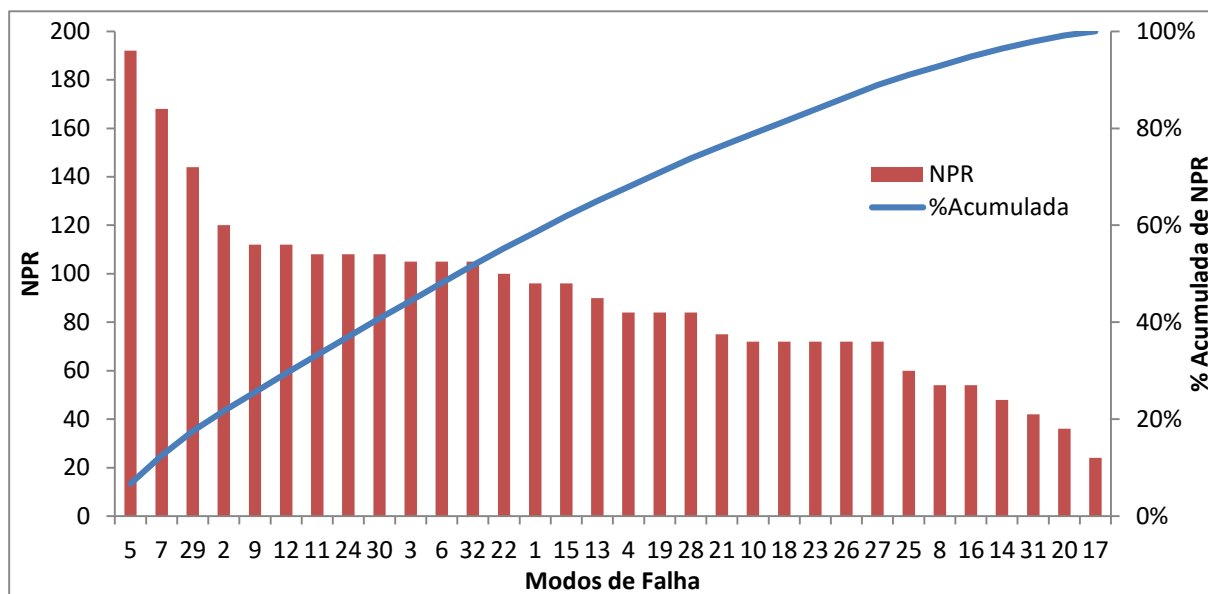
| <b>Etapa</b> | <b>MF</b> | <b>S</b> | <b>O</b> | <b>D</b> | <b>NPR</b> |
|--------------|-----------|----------|----------|----------|------------|
| 1.1          | 1         | 8        | 4        | 3        | 96         |
| 1.1          | 2         | 8        | 5        | 3        | 120        |
| 1.2          | 3         | 7        | 5        | 3        | 105        |
| 1.2          | 4         | 7        | 4        | 3        | 84         |
| 1.3          | 5         | 8        | 6        | 4        | 192        |
| 1.3          | 6         | 7        | 5        | 3        | 105        |
| 1.3          | 7         | 7        | 6        | 4        | 168        |
| 1.4          | 8         | 9        | 3        | 2        | 54         |
| 1.4          | 9         | 7        | 4        | 4        | 112        |
| 1.4          | 10        | 6        | 4        | 3        | 72         |
| 1.5          | 11        | 9        | 4        | 3        | 108        |
| 1.5          | 12        | 7        | 4        | 4        | 112        |
| 1.6          | 13        | 6        | 5        | 3        | 90         |
| 1.6          | 14        | 6        | 4        | 2        | 48         |
| 1.7          | 15        | 8        | 4        | 3        | 96         |
| 1.7          | 16        | 6        | 3        | 3        | 54         |
| 1.8          | 17        | 8        | 3        | 1        | 24         |
| 1.8          | 18        | 9        | 4        | 2        | 72         |
| 1.9          | 19        | 7        | 4        | 3        | 84         |
| 1.9          | 20        | 6        | 3        | 2        | 36         |
| 1.10         | 21        | 5        | 5        | 3        | 75         |
| 1.10         | 22        | 5        | 5        | 4        | 100        |
| 1.11         | 23        | 6        | 4        | 3        | 72         |
| 1.11         | 24        | 9        | 4        | 3        | 108        |
| 1.12         | 25        | 5        | 4        | 3        | 60         |
| 1.12         | 26        | 8        | 3        | 3        | 72         |
| 1.12         | 27        | 8        | 3        | 3        | 72         |
| 1.13         | 28        | 7        | 4        | 3        | 84         |
| 1.13         | 29        | 9        | 4        | 4        | 144        |
| 1.13         | 30        | 9        | 3        | 4        | 108        |
| 1.14         | 31        | 7        | 3        | 2        | 42         |
| 1.14         | 32        | 7        | 5        | 3        | 105        |

Por forma a definir quais dos 32 problemas identificados exigem uma análise mais detalhada e posterior aplicação de ações de melhoria, foi utilizado o diagrama de Pareto, representado na figura Figura 5.5. Antes da aplicação do diagrama, foi necessário proceder-se à priorização dos modos de falha através dos respetivos NPR'S, como apresentado na tabela Tabela 5.25. De salientar que a numeração dos modos de falha é apresentada de forma sequencial de acordo com as tabelas no Anexo A – Tabelas FMEA.

**Tabela 5.25 – Tabela de auxílio à construção do Diagrama de Pareto para a fase de desenvolvimento e entrega da proposta final**

| <b>Etapa</b> | <b>MF</b> | <b>%MF</b> | <b>NPR</b> | <b>%NPR</b> | <b>%Acumulada</b> |
|--------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------------|
| 1.3          | 5         | 3,13       | 192        | 6,68        | 6,68              |
| 1.3          | 7         | 6,25       | 168        | 5,85        | 12,53             |
| 1.13         | 29        | 9,38       | 144        | 5,01        | 17,54             |
| 1.1          | 2         | 12,50      | 120        | 4,18        | 21,71             |
| 1.4          | 9         | 15,63      | 112        | 3,90        | 25,61             |
| 1.5          | 12        | 18,75      | 112        | 3,90        | 29,51             |
| 1.5          | 11        | 21,88      | 108        | 3,76        | 33,26             |
| 1.11         | 24        | 25,00      | 108        | 3,76        | 37,02             |
| 1.13         | 30        | 28,13      | 108        | 3,76        | 40,78             |
| 1.2          | 3         | 31,25      | 105        | 3,65        | 44,43             |
| 1.3          | 6         | 34,38      | 105        | 3,65        | 48,09             |
| 1.14         | 32        | 37,50      | 105        | 3,65        | 51,74             |
| 1.10         | 22        | 40,63      | 100        | 3,48        | 55,22             |
| 1.1          | 1         | 43,75      | 96         | 3,34        | 58,56             |
| 1.7          | 15        | 46,88      | 96         | 3,34        | 61,90             |
| 1.6          | 13        | 50,00      | 90         | 3,13        | 65,03             |
| 1.2          | 4         | 53,13      | 84         | 2,92        | 67,95             |
| 1.9          | 19        | 56,25      | 84         | 2,92        | 70,88             |
| 1.13         | 28        | 59,38      | 84         | 2,92        | 73,80             |
| 1.10         | 21        | 62,50      | 75         | 2,61        | 76,41             |
| 1.4          | 10        | 65,63      | 72         | 2,51        | 78,91             |
| 1.8          | 18        | 68,75      | 72         | 2,51        | 81,42             |
| 1.11         | 23        | 71,88      | 72         | 2,51        | 83,92             |
| 1.12         | 26        | 75,00      | 72         | 2,51        | 86,43             |
| 1.12         | 27        | 78,13      | 72         | 2,51        | 88,94             |
| 1.12         | 25        | 81,25      | 60         | 2,09        | 91,02             |
| 1.4          | 8         | 84,38      | 54         | 1,88        | 92,90             |
| 1.7          | 16        | 87,50      | 54         | 1,88        | 94,78             |
| 1.6          | 14        | 90,63      | 48         | 1,67        | 96,45             |
| 1.14         | 31        | 93,75      | 42         | 1,46        | 97,91             |
| 1.9          | 20        | 96,88      | 36         | 1,25        | 99,16             |
| 1.8          | 17        | 100,00     | 24         | 0,84        | 100,00            |





**Figura 5.5 - Diagrama de Pareto da fase de Desenvolvimento e entrega da proposta final**

Foi estabelecido pela equipa de trabalho, após analisar os resultados obtidos, que o valor mínimo de NPR do MF a analisar seria de 95. Este processo foi replicado para as restantes fases.

Através da análise do gráfico acima representado na Figura 5.5 e de acordo com o Princípio de Pareto, considerou-se que iriam ser analisados 15 modos de falha os quais representam 46,88% da totalidade dos conjuntos de causas correspondendo a cerca de 61,90% da importância.

Dado à elevada percentagem dos modos de falha identificados através do Diagrama de Pareto, optou-se por implementar outro critério para a identificação dos conjuntos de causas subjetivas a uma análise posterior mais detalhada.

Devido à elevada importância da atribuição do índice de severidade na metodologia FMEA, o autor do presente estudo juntamente com a equipa de trabalho, com o objetivo de desenvolver e aplicar ações de melhoria da forma mais eficiente, chegou à conclusão que seria necessário dar prioridade aos modos de falha, previamente identificados pelo Pareto, com índice de severidade de 8 ou 9, sendo este critério aplicado a todas as fases do processo em análise.

Desta forma foram identificados para uma análise posterior, 8 Modos de Falha, sendo eles: (MF 5) - Falta de informação relativa à capacidade de Subcontratados/Subfornecedores; (MF 29) - Inviabilidade das Alterações solicitadas; (MF 2) - Falta de requisitos (técnicos, logísticos, QAS) relativos aos trabalhos a fornecer; (MF 11) - Quantificação incorreta do risco; (MF 24) - Classificação deficiente dos trabalhos a realizar; (MF 30) - Definição de nova proposta fora do prazo estipulado; (MF 1) - Objetivo dos trabalhos não clarificado; (MF 15) - Planeamento Financeiro desajustado.

### 5.4.3.2 - Análise das prioridades: 2ª Fase - Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto

Na 2ª fase do processo em estudo, foram identificados 11 modos de falha. A Tabela 5.26 demonstra os modos de falha identificados, os respectivos índices e por fim os NPR'S calculados.

**Tabela 5.26 - NPR'S calculados para a fase Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto**

| Etapa | MF | S | O | D | NPR |
|-------|----|---|---|---|-----|
| 2.1   | 1  | 8 | 4 | 4 | 128 |
| 2.1   | 2  | 5 | 4 | 4 | 80  |
| 2.1   | 3  | 6 | 4 | 2 | 48  |
| 2.2   | 4  | 7 | 5 | 4 | 140 |
| 2.2   | 5  | 7 | 4 | 4 | 112 |
| 2.3   | 6  | 9 | 3 | 3 | 81  |
| 2.3   | 7  | 7 | 6 | 4 | 168 |
| 2.4   | 8  | 5 | 5 | 3 | 75  |
| 2.4   | 9  | 9 | 4 | 4 | 144 |
| 2.5   | 10 | 9 | 3 | 3 | 81  |
| 2.5   | 11 | 8 | 5 | 3 | 120 |

Por forma a definir quais dos 11 problemas identificados exigem uma análise mais detalhada e posterior aplicação de ações de melhoria, foi utilizada para o desenvolvimento do diagrama de Pareto (Figura 5.6) a Tabela 5.27, abaixo representada.

**Tabela 5.27 - Tabela de auxílio à construção do Diagrama de Pareto para a fase Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto**

| Etapa | MF | %MF    | NPR | %NPR  | %Acumulada |
|-------|----|--------|-----|-------|------------|
| 2.3   | 7  | 9,09   | 168 | 14,27 | 14,27      |
| 2.4   | 9  | 18,18  | 144 | 12,23 | 26,51      |
| 2.2   | 4  | 27,27  | 140 | 11,89 | 38,40      |
| 2.1   | 1  | 36,36  | 128 | 10,88 | 49,28      |
| 2.5   | 11 | 45,45  | 120 | 10,20 | 59,47      |
| 2.2   | 5  | 54,55  | 112 | 9,52  | 68,99      |
| 2.3   | 6  | 63,64  | 81  | 6,88  | 75,87      |
| 2.5   | 10 | 72,73  | 81  | 6,88  | 82,75      |
| 2.1   | 2  | 81,82  | 80  | 6,80  | 89,55      |
| 2.4   | 8  | 90,91  | 75  | 6,37  | 95,92      |
| 2.1   | 3  | 100,00 | 48  | 4,08  | 100,00     |

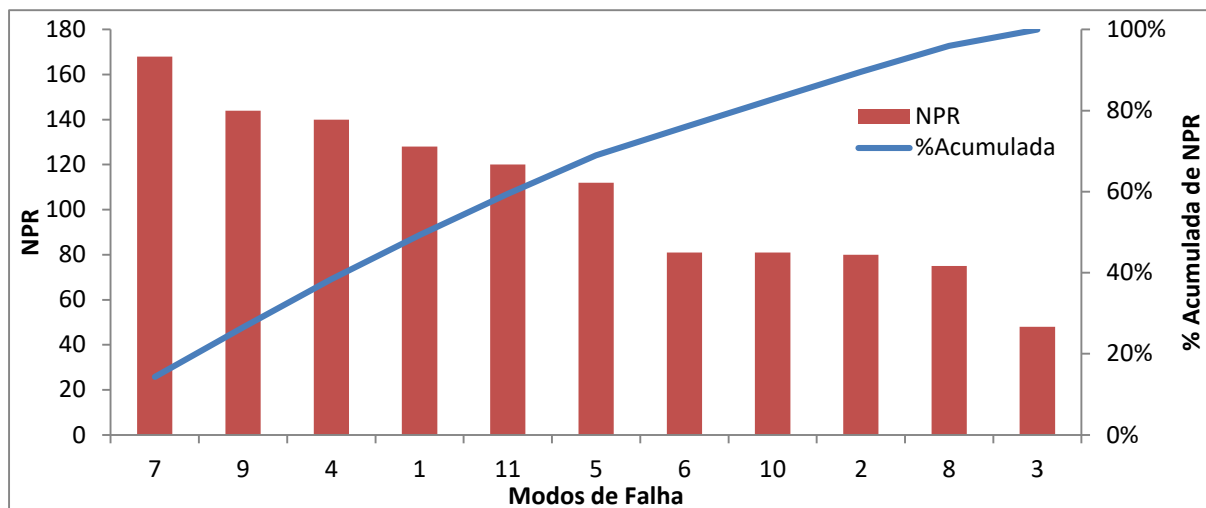


Figura 5.6 - Diagrama de Pareto da fase de Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto

Após analisado o Diagrama de Pareto e posteriormente aplicado o mesmo critério para a 1ª fase, foram identificados os seguintes Modos de Falha: (MF9) - Classificação deficiente dos riscos dos novos trabalhos a realizar; (MF1) - Não indicação de aspetos críticos; (MF11) - Não inclusão de cláusulas críticas.

#### 5.4.3.3 - Análise das prioridades: 3ª Fase - Início do projeto

Para a 3ª fase do processo em estudo, foram identificados 24 modos de falha. A Tabela 5.28 abaixo representada, demonstra os modos de falha identificados, os respetivos índices e por fim os NPR'S calculados.

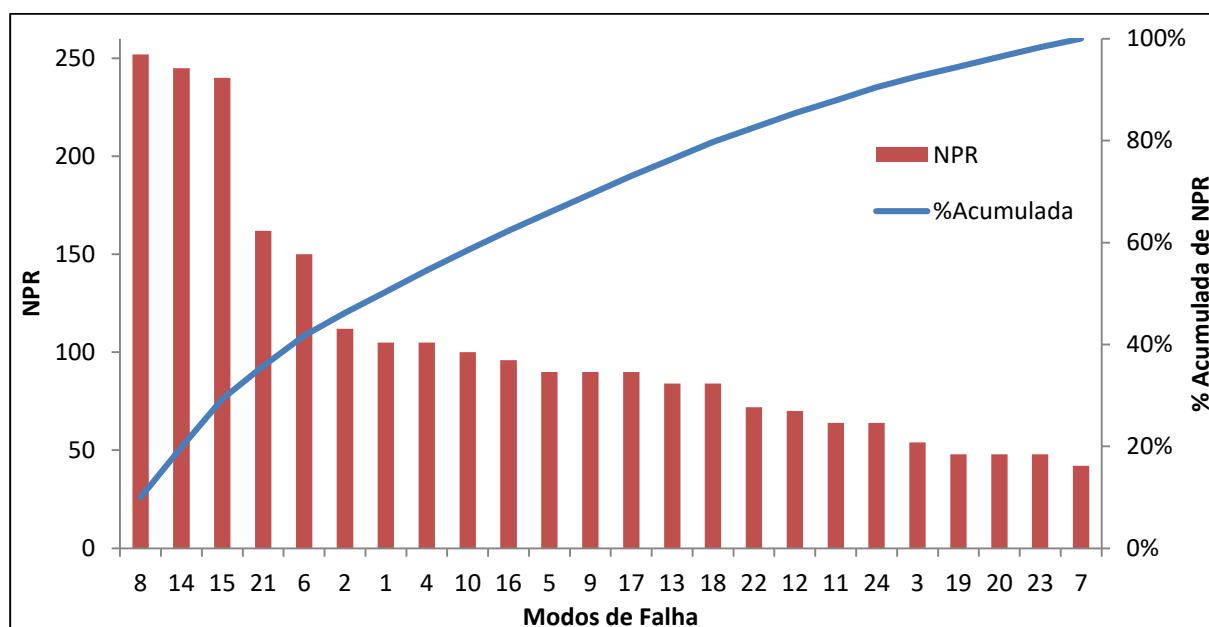
Tabela 5.28 - NPR'S calculados para a fase de Início do Projeto

| Etapa | MF | S | O | D | NPR |
|-------|----|---|---|---|-----|
| 3.1   | 1  | 7 | 5 | 3 | 105 |
| 3.1   | 2  | 7 | 4 | 4 | 112 |
| 3.2   | 3  | 6 | 3 | 3 | 54  |
| 3.2   | 4  | 7 | 5 | 3 | 105 |
| 3.3   | 5  | 6 | 3 | 5 | 90  |
| 3.3   | 6  | 6 | 5 | 5 | 150 |
| 3.3   | 7  | 7 | 2 | 3 | 42  |
| 3.4   | 8  | 6 | 7 | 6 | 252 |
| 3.4   | 9  | 6 | 5 | 3 | 90  |
| 3.5   | 10 | 5 | 5 | 4 | 100 |
| 3.5   | 11 | 8 | 4 | 2 | 64  |
| 3.6   | 12 | 7 | 5 | 2 | 70  |
| 3.6   | 13 | 7 | 3 | 4 | 84  |
| 3.7   | 14 | 7 | 7 | 5 | 245 |
| 3.7   | 15 | 8 | 6 | 5 | 240 |
| 3.7   | 16 | 6 | 4 | 4 | 96  |
| 3.8   | 17 | 6 | 5 | 3 | 90  |
| 3.8   | 18 | 7 | 4 | 3 | 84  |
| 3.9   | 19 | 6 | 4 | 2 | 48  |
| 3.9   | 20 | 6 | 4 | 2 | 48  |
| 3.10  | 21 | 9 | 6 | 3 | 162 |
| 3.10  | 22 | 9 | 4 | 2 | 72  |
| 3.11  | 23 | 6 | 4 | 2 | 48  |
| 3.11  | 24 | 8 | 4 | 2 | 64  |

Por forma a definir quais dos problemas identificados exigem uma análise mais detalhada, foi utilizada para a aplicação do diagrama de Pareto (Figura 5.7) a Tabela 5.29, abaixo representada.

**Tabela 5.29 - Tabela de auxílio à construção do Diagrama de Pareto para a fase Início do Projeto**

| Etapa | MF | %MF    | NPR | %NPR  | %Acumulada |
|-------|----|--------|-----|-------|------------|
| 3.4   | 8  | 4,17   | 252 | 10,02 | 10,02      |
| 3.7   | 14 | 8,33   | 245 | 9,74  | 19,76      |
| 3.7   | 15 | 12,50  | 240 | 9,54  | 29,30      |
| 3.10  | 21 | 16,67  | 162 | 6,44  | 35,75      |
| 3.3   | 6  | 20,83  | 150 | 5,96  | 41,71      |
| 3.1   | 2  | 25,00  | 112 | 4,45  | 46,16      |
| 3.1   | 1  | 29,17  | 105 | 4,17  | 50,34      |
| 3.2   | 4  | 33,33  | 105 | 4,17  | 54,51      |
| 3.5   | 10 | 37,50  | 100 | 3,98  | 58,49      |
| 3.7   | 16 | 41,67  | 96  | 3,82  | 62,31      |
| 3.3   | 5  | 45,83  | 90  | 3,58  | 65,88      |
| 3.4   | 9  | 50,00  | 90  | 3,58  | 69,46      |
| 3.8   | 17 | 54,17  | 90  | 3,58  | 73,04      |
| 3.6   | 13 | 58,33  | 84  | 3,34  | 76,38      |
| 3.8   | 18 | 62,50  | 84  | 3,34  | 79,72      |
| 3.10  | 22 | 66,67  | 72  | 2,86  | 82,58      |
| 3.6   | 12 | 70,83  | 70  | 2,78  | 85,37      |
| 3.5   | 11 | 75,00  | 64  | 2,54  | 87,91      |
| 3.11  | 24 | 79,17  | 64  | 2,54  | 90,46      |
| 3.2   | 3  | 83,33  | 54  | 2,15  | 92,60      |
| 3.9   | 19 | 87,50  | 48  | 1,91  | 94,51      |
| 3.9   | 20 | 91,67  | 48  | 1,91  | 96,42      |
| 3.11  | 23 | 95,83  | 48  | 1,91  | 98,33      |
| 3.3   | 7  | 100,00 | 42  | 1,67  | 100,00     |



**Figura 5.7 - Diagrama de Pareto da fase de Início do Projeto**

Através da Figura 5.7, do princípio de Pareto e do critério anteriormente estabelecido e aplicado para as outras fases foram identificados os seguintes conjuntos de causas: (MF15) - Definição das datas de entrega com prazos demasiado curtos (apertados); (MF21) - Incumprimento de requisitos QEHS (Legais, PSS, segurança).

#### 5.4.3.4 - Ações de melhoria

Após aplicada a metodologia *FMEA*, é necessário dar continuidade e implementar ações de melhoria que visam a redução do impacto prejudicial dos Modos de Falha para as 3 fases estudadas do negócio de Gestão de Projetos. As ações de melhoria tomadas abrangem pessoas e processos. Na Tabela 5.30 estão identificadas as ações para a fase **Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final**.

**Tabela 5.30 – Ações de Melhoria para a fase de “Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final”**

| 1.Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |   |  |
|---|---|--|
| Modos de Falha  |   | Ações de Melhoria Recomendadas   |
| MF 5  | Falta de informação relativa à capacidade de Subcontratados/ Subfornecedores          | - Nomeação de responsável de aprovisionamento para o projeto / - Inclusão do ponto Aprovisionamento na agenda nas reuniões de preparação e negociação da proposta                                |
| MF29  | Inviabilidade das Alterações solicitadas  | - Envolvimento de pessoas externas ( <i>legal</i> , técnico especializado, financeiro) na análise das alterações ( <i>Bid Review Team</i> )  |
| MF 2  | Falta de requisitos (técnicos, logísticos, QAS) relativos aos trabalhos a desenvolver | - Estabelecimento de requisitos mínimos de informação a ser fornecida pelo Cliente previamente ao avanço com a elaboração da proposta.   |
| MF11  | Quantificação incorreta do risco  | - Estabelecimento de limite mínimo de valor de risco (Ex: percentagem do valor do projeto)   |
| MF24  | Classificação deficiente dos trabalhos a realizar                                     | - Envolvimento de técnicos especializados e experientes na classificação dos trabalhos / -Solicitar a todos os subcontratados a análise de risco dos trabalhos a serem executados                |
| MF30  | Definição de nova proposta fora do prazo estipulado                                   | - Alargamento da equipa interveniente na preparação da proposta  |
| MF1   | Objetivo dos trabalhos não clarificado  | - Estabelecimento de requisitos mínimos para o início de desenvolvimento da proposta   |
| MF15  | Planeamento Financeiro desajustado  | - Envolvimento da equipa financeira em todas as fases da elaboração da proposta (preparação, negociação) / - Inclusão do ponto Risco do Projeto na agenda das reuniões de preparação da proposta |

Para o MF 5, com o objetivo de minimizar não conformidades, reclamações e atrasos relacionados com a subcontratação, foi proposta a **Nomeação de um responsável de aprovisionamento para cada projeto** e a **inclusão obrigatória na agenda das reuniões de preparação e negociação do projeto, do ponto Aprovisionamento**.

De maneira a prevenir possíveis prejuízos para a organização, incumprimentos legais e temporais com a possível inviabilidade das alterações propostas por parte do cliente (MF29), foi sugerido a **criação de um organismo independente (*Bid review Team*)** composto por funções como *legal*, técnicos especializados e financeiros de forma a avaliar prontamente a exequibilidade das alterações propostas.

É necessário estabelecer **requisitos mínimos de informação a ser fornecida por parte do cliente** aquando da solicitação de uma proposta por forma a impedir a falta de requisitos técnicos, logísticos e QAS (MF 2) e a não clarificação do objetivo dos trabalhos a fornecer (MF 1) que levam à perda de eficiência e ao possível desenvolvimento de uma proposta que não reflita os desejos do cliente.

Para todos os projetos deve ser **acautelado um limite mínimo do valor do risco**, por exemplo uma percentagem do valor total do projeto, que impeça uma quantificação incorreta do risco (MF11) e permita, quando necessário, acionar as medidas de contingência adequadas.

Por forma a impedir acidentes de trabalho e zelar pelo bem-estar dos trabalhadores em obra, é necessário mitigar a classificação deficiente dos trabalhos a realizar (MF 24), assim foi proposto o **envolvimento, no desenvolvimento da análise de risco, de técnicos especializados e experientes e em casos de subcontratação de Mão-de-obra solicitar a sua análise de risco dos trabalhos a ter em consideração**.

De maneira a evitar incumprimentos relativos à submissão da proposta ao cliente (MF 30), foi sugerido o **alargamento da equipa responsável pela proposta** e consequente submissão por forma auxiliar nos demorados processos burocráticos a garantir que o prazo é cumprido.

Foi sugerido ainda, de forma a minimizar o desalinhamento entre o planeamento financeiro e o desenvolvimento do projeto (MF 15) que houvesse uma maior aproximação da equipa financeira através do **envolvimento em todas as fases da elaboração da proposta** e que fosse **incluído na agenda das reuniões de preparação da proposta o ponto Risco do Projeto**.

Para a fase **Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto** foram propostas as ações representadas na Tabela 5.31.

Tabela 5.31 - Ações de Melhoria para a fase de "Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto"

| 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto |  |   |
|---|--|---|
| Modos de Falha  |  | Ações de Melhoria Recomendadas  |
| MF 9  | Classificação deficiente dos riscos dos novos trabalhos a realizar | - Envolvimento de técnicos especializados e experientes na classificação dos trabalhos / - Solicitar a todos os subcontratados a análise de risco dos trabalhos a serem executados                    |
| MF 1  | Não indicação de aspetos críticos                                  | - Envolvimento da equipa de projeto desde a fase de desenvolvimento da proposta / - Utilizar a base de dados de pontos críticos para cada projeto como <i>input</i> para a reunião de <i>handover</i> |
| MF 11   | Não inclusão de cláusulas críticas                                 | - Envolvimento de funções especializadas ( <i>legal</i> , técnico especializado, financeiro)  |

À semelhança da fase anterior, de forma minimizar os acidentes de trabalho, implementar e transmitir aos trabalhadores a Cultura de Segurança que a Siemens defende é necessário mitigar a classificação deficiente dos novos trabalhos a realizar (MF 9), assim foi proposto o **envolvimento, no desenvolvimento da análise de risco, de técnicos especializados e experientes** e em casos de subcontratação de Mão-de-obra solicitar a sua análise de risco dos trabalhos a ter em consideração.

Por forma de impedir que, no momento da passagem da informação para fase de execução não fique nenhum aspeto crítico por abordar (MF 1) é essencial **envolver a equipa de projeto responsável pela execução desde a fase prematura de desenvolvimento da proposta e utilizar uma base de dados onde se tenha acesso a todos os pontos críticos por esclarecer e ações em aberto no momento da reunião de *handover*.**

No momento de preparar os contratos a celebrar entre as partes interessadas é essencial que haja a inclusão de todas as partes críticas (MF 11) por forma a impedir custos acrescidos e consequente fragilização da situação económica da organização, desta forma foi proposto o **envolvimento de funções como *legal*, técnicos especializados e financeiros.**

Por último, para a fase **Início do projeto** foram propostas as ações representadas na Tabela 5.32.

Tabela 5.32 - Ações de Melhoria para a fase de "Início do projeto"

| 3. Início do projeto |  |   |
|----------------------|--|---|
| Modos de Falha       |  | Ações de Melhoria Recomendadas  |
| MF 15                | Definição das datas de entrega com prazos demasiado curtos (apertados) | - Envolvimento de técnicos experientes nas reuniões onde são definidos com o Cliente as datas de entrega / - Consulta das <i>Lessons Learned</i> apropriadas a cada projeto                               |
| MF 21                | Incumprimento de requisitos QEHS (legais, PSS, segurança)              | - Reuniões de acompanhamento entre Qualidade e PM'S (nas fases mais relevantes do projeto segundo o PM@Siemens) / Reuniões de EHS no início de cada projeto/ Recolha de requisitos específicos do cliente |

Para desenvolver um planeamento capaz de cumprir com o acordado com o cliente é essencial evitar que os prazos de entrega sejam inviáveis (MF 15) e desta forma é importante o **envolvimento de técnicos experientes e conhecedores nas reuniões com cliente** onde sejam definidos os prazos e é primordial a **atualização e utilização frequente de uma base de dados (*Lessons Learned*)** de pontos a melhorar e experiências positivas / negativas de projetos anteriores.

De forma a evitar incumprimento dos requisitos QEHS no momento da elaboração e definição da documentação prévia ao início de obra (MF 21) é essencial a existência **de reuniões de acompanhamento entre o responsável da qualidade em projetos e o gestor de projetos, reuniões de EHS no início de cada projeto e solicitar ao cliente em questão os seus requisitos específicos.**



## 6 Conclusões, limitações e recomendações para trabalhos futuros

O presente capítulo visa a apresentação das principais conclusões e limitações retiradas e identificadas ao longo do trabalho desenvolvido nesta dissertação.

### 6.1 - Conclusões

O trabalho realizado teve como objetivo desenvolver um sistema de análise de riscos e oportunidades, no âmbito da gestão da qualidade, através do desenvolvimento de uma FMEA que permitisse à organização o alinhamento com a mais recente versão da norma NP EN ISO 9001.

Através da aplicação da metodologia *Failure mode and effects analysis* (FMEA) e de ferramentas de suporte, como o Diagrama de Pareto e o Diagrama em Árvore, ao negócio de Gestão de Projetos, foi possível mapear o processo, dividindo-o em 3 fases distintas, **1.Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final, 2.Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto, 3.Início do projeto.**

Este estudo permitiu identificar os modos de falha associados às várias etapas de cada fase, as suas causas e como os seus consequentes efeitos e, por último, definir ações de proposta de melhoria que visam o controlo dos riscos associados.

Para a fase 1.**Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final** foram definidas ações para 8 conjuntos de risco, para a fase 2.**Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto**, foram identificadas 3 conjuntos de risco merecedores de ações de melhoria e para a fase 3.**Início do projeto** foram identificados 2 conjuntos críticos.

Para a fase 1 foi identificado como sendo o mais crítico o MF 5 relativo à falta de informação dos subcontratados. Para este caso a recomendação principal foi de criar e envolver ao longo do projeto a função de responsável pelo aprovisionamento, tentando desta forma minimizar potenciais não conformidades e incumprimentos de requisitos de qualidade.

Na fase 2, o MF 9 foi identificado como o mais crítico. De forma a consolidar a Cultura de Segurança no seio da organização e minimizar a classificação deficiente dos trabalhos a realizar foi o proposto o envolvimento, de maneira a obter todo o conhecimento necessário, de pessoas experientes aos trabalhos a realizar.

Por último, para a fase 3 foi considerado o MF 15 como sendo o mais pretensioso de causar possíveis não conformidades para a organização. Por forma a minimizar possíveis atrasos e consequentes incumprimentos do estabelecido em contrato através da definição de datas de entrega incombustíveis

foi proposta, entre outras, a frequente consulta a uma base de dados de experiencias passadas positivas e negativas por forma a precaver a reincidência de aspetos negativos em projetos futuros.

Para concluir, pode-se considerar a FMEA como sendo uma metodologia capaz, eficiente e intuitiva na identificação de possíveis fatores de risco prejudiciais para o negócio e consequente SGQ de uma organização e na satisfação dos novos requisitos da versão de 2015 da norma NP EN ISO 9001.

## **6.2 – Limitações**

Um das limitações que se identificou no desenvolvimento do trabalho é o grau de subjetividade da avaliação qualitativa. A FMEA no presente trabalho, é aplicada a um processo de negócio, intangível, e não a um processo mecânico ou físico, tangível, torna-se assim difícil a extração dos modos de falha, dos efeitos e das causas por não serem lineares e partem muitas das vezes da opinião pessoal e da experiencia de cada um, o que pode induzir em erro e desviar do resultado final desejado.

Outra limitação identificada é a viabilidade na definição do NPR, devido à atribuição do mesmo peso para os 3 índices (S,O,D), o que o que pode influenciar o nível final de criticidade do modo de falha podendo não refletir a realidade e induzir possivelmente em erro. Existem algumas teorias, como é o caso da de grey, que atribui pesos de importância a cada índice mas devido à extensão do presente trabalho, não foram abordadas.

Ao longo do trabalho, outra dificuldade sentida foi a recolha de informação para o desenvolvimento da FMEA, devido à dependência da disponibilidade dos colaboradores e à impossibilidade de contar, reunir e dispor da colaboração de todos os elementos intervenientes na gestão de projeto. De salientar o apoio e a colaboração incansável por parte da responsável pela qualidade em projetos.

## **6.3 - Recomendações**

Com o intuito apresentar sugestões para trabalhos futuros e possivelmente enriquecer o presente trabalho, sugere-se a implementação na FMEA de uma componente de custos, de forma a possivelmente fazer uma análise de custo-benefício aos à implementação das ações de melhoria propostas.

Seria também interessante implementar a análise da relação de grey, por forma a analisar as diferenças e tentar perceber se a atribuição de pesos diferentes aos índices S,O,D realmente influencia substancialmente o resultado final da FMEA.

Outro aspecto interessante seria implementar a FMEA à totalidade do negócio da gestão de projetos, por forma a identificar os riscos associados pós o começo da fase de execução e fecho do projeto.

## 7 Bibliografia

- Burchett, J. F., e Tummala, V. M. R. (1999). Applying a Risk Management Process ( RMP ) to manage cost risk for an EHV transmission line project. *International Jurnal of Project Management*, 17(4), 223–235.
- Chen, C. (2013). A developed autonomous preventive maintenance programme using RCA and FMEA, *International Journal of Production Research*, 51(18), 5404–5412. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.775521>
- Costa e Silva, S. R., Fonseca, M., e Brito, J. de. (2006). Metodologia FMEA e a sua aplicação à construção de edifícios. Em *QIC 2016 - Encontro nacional sobre a Qualidade e Inovação na Construção* (pp. 1–12). Lisboa.
- Garcia, R. O. (2007). *Aplicação da Análise Modal de Falhas e Efeitos ao Processo de Repintura Automóvel*. Projeto final de curso em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica.
- Geum, Y., Cho, Y., e Park, Y. (2011). A systematic approach for diagnosing service failure : Service-specific FMEA and grey relational analysis approach. *Mathematical and Computer Modelling*, 54, 3126–3142. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2011.07.042>
- Karlovi, B., Cindri, Z., e Medic, S. (2016). New Standard ISO 9001 : 2015 and its effect on organizations. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 14(2), 188–193. <https://doi.org/10.7906/indexs.14.2.8>
- Kerzner, H. (2009). *Project Management - A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (10ª edição). John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Liu, H., Liu, L., e Liu, N. (2013). Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis : A literature review. *Expert Systems with Applications*, 40, 828–838. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.08.010>
- Mandal, S., e Maiti, J. (2014). Risk analysis using FMEA : Fuzzy similarity value and possibility theory based approach. *Expert Systems with Applications*, 41, 3527–3537. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.058>
- Martins, M. G. (2009). *Aplicação da Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos ao processo de reclamações da empresa Alvecabo*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica.

- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., e Beauregard, M. R. (2009). *The Basics of FMEA*. (2ªEdição), Taylor & Francis Group. CRC Press, New York.
- Moen, R., e Norman, C. (2010). Evolution of the PDCA Cycle. consultado em 20 de junho de 2017 em <http://cissp.tjscott.net/standards/moen.norman.pdca.origins.pdf>
- Munns, A. K., e Bjeirmi, B. F. (1996). The role of project management in achieving project success. *International Journal of Project Management*, 14(2), 81–87.
- NP EN 45020:2009. Normalização e actividades correlacionadas - Vocabulário geral (Guia ISO/IEC 2:2004).
- NP EN ISO 9000:2015. Sistemas de Gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário.
- NP ISO 31000:2013. Gestão do Risco - Princípios e linhas de orientação (ISO 31000:2009).
- NP ISO 9001:2015. Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos (ISO 9001:2015).
- NP ISO EN 31010:2016. Gestão do risco - Técnicas de apreciação do risco (ISO/IEC 31010:2009).
- Perdigão, F. (2016) *Análise de risco e oportunidades em processos de garantia da qualidade*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica.
- Pereira, Z. L., e Requeijo, J. G. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. (2ª Edição), FFCT - Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Caparica.
- Pinto, C., e Pinto, A. L. (2011). A importância da certificação de sistemas de gestão da qualidade em Portugal. *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*, 48–61.
- PM@Siemens Guide. Project Management - The Siemens Way, Version 6.
- Sharma, R., Kumar, D., e Kumar, P. (2008). Predicting uncertain behavior of industrial system using FM- A practical case. *Applied Soft Computing*, 8, 96–109.  
<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2006.11.006>
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution* (2ª edição). US: ASQC Quality Press, Wisconsin.
- Zhang, Z., e Chu, X. (2011). Risk prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty. *Expert Systems With Applications*, 38(1), 206–214.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.046>

8 ANEXOS

8.1 – Anexo A - Tabelas FMEA

Tabela 8.1 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.1/1.2/1.3/1.4

| Descrição Funcional |   | Análise de Riscos   |   |                      |  |                      |   |                    |     | Plano de Ações  |   |
|---------------------|---|---|---|----------------------|--|----------------------|---|--------------------|-----|---|---|
| Referência          | Etapas  | Modos de Falha  | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha  | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:                                   | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas  |   |
| 1                   | Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final |   |   |                      |  |                      |   |                    |     |   |   |
| 1.1                 | Clarificar o âmbito de fornecimento                     | Objetivo dos trabalhos não clarificado  | - Incorreta quantificação do volume a fornecer  | 8                    | - Especificações da encomenda incompletas  | 4                    | Checklists PM@Siemens / Revisão (Princípio dos 4 olhos) | 3                  | 96  |   |   |
|                     |   |   | - Incapacidade de cumprir as exigências de qualidade do fornecimento  |                      | - Recolha e tratamento de informação deficiente                                      |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   |   |   |                      | - Não envolvimento de especialistas na análise da consulta/Caderno de Encargos       |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   | Falta de requisitos (técnicos, logísticos, QAS) relativos aos trabalhos a desenvolver | - Incapacidade de cumprir as exigências de qualidade do fornecimento  | 8                    | - Especificações da encomenda incompletas  | 5                    | Checklists PM@Siemens / Revisão (Princípio dos 4 olhos) | 3                  | 120 |   | - Estabelecimento de requisitos mínimos de informação a ser fornecida pelo Cliente previamente ao avanço com a elaboração da proposta |
|                     |   |   | - Custos acrescidos relativos a alterar a proposta ou a retrabalhos na fase de execução                       |                      | - Recolha e tratamento de informação deficiente                                      |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   |   |   |                      | - Qualificação da equipa de vendas insuficiente para a análise técnica               |                      |   |                    |     |   |   |
| 1.2                 | Avaliar a viabilidade da solução técnica                | Não consideração de aspetos técnicos  | - Incorreta análise da compatibilidade técnica da solução antiga versus a nova                                | 7                    | - Má avaliação da sua relevância   | 5                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos)                         | 3                  | 105 |   |   |
|                     |   |   | - Tempo insuficiente para desenvolvimento da solução (Time-to-Market)   |                      | - Recolha e tratamento de informação deficiente                                      |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   |   |   |                      | - Qualificação da equipa de vendas insuficiente para a análise técnica               |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   | Não consideração de aspetos externos  | - Custos acrescidos relativos a alterar a proposta ou a retrabalhos na fase de execução                       | 7                    | - Recolha e tratamento de informação deficiente                                      | 4                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos)                         | 3                  | 84  |   |   |
|                     |   |   | - Incapacidade de cumprir as exigências de qualidade do fornecimento  |                      | - Desconhecimento da envolvente  |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   |   |   |                      | - Má avaliação da sua relevância   |                      |   |                    |     |   |   |
| 1.3                 | Avaliar a exequibilidade dos prazos de entrega          | Falta de informação relativa à capacidade de Subcontratados/Subfornecedores           | - Necessidade de recorrer a fornecedores com um grau de qualidade do fornecimento inferior ao desejado        | 8                    | - Desconhecimento do âmbito dos serviços prestados pelos fornecedores da organização | 6                    | PHILOS / PCMB 1.5.4.1 / 1.9.1.5 - 1                     | 4                  | 192 | - Nomeação de responsável de aprovisionamento para o projeto / - Inclusão do ponto Aprovisionamento na agenda nas reuniões de preparação e negociação da proposta |   |
|                     |   |   | - Inviabilidade dos prazos propostos pelo cliente   |                      | - Falha de comunicação entre a equipa de vendas e os Fornecedores                    |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   | Falta de informação relativa à capacidade da Organização                              | - Falta de informação acerca dos prazos de entrega das fábricas Siemens                                       | 7                    | - Fluxo de informação deficiente no seio da organização                              | 5                    | PCMB 1.5.4.1 / 1.9.1.5 - 1                              | 3                  | 105 |   |   |
|                     |   |   | - Falta de informação relativa à disponibilidade de Técnicos especializados                                   |                      | - Falta de informação relativamente à alocação dos recursos                          |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   | Não consideração de aspetos externos/logísticos                                       | - Atrasos na receção de material  | 7                    | - Má avaliação da sua relevância   | 6                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos)                         | 4                  | 168 |   |   |
|                     |   |   | - Custos associados à necessidade de subcontratação de fornecedores logísticos não contemplados na calculação |                      | - Formação deficiente da equipa de vendas  |                      |   |                    |     |   |   |
|                     |   |   |   |                      | - Recolha e tratamento de informação deficiente                                      |                      |   |                    |     |   |   |

Tabela 8.2 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.4/1.5/16

| Descrição Funcional |  | Análise de Riscos   |   |                      |   |                      |  |                    |     | Plano de Ações   |  |  |
|---------------------|--|---|---|----------------------|---|----------------------|--|--------------------|-----|--|--|--|
| Referência          | Etapas   | Modos de Falha  | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha   | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:  | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas   |  |  |
| 1                   | Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final            |   |   |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |  |
| 1.4                 | Clarificar os requisitos: legais, técnicos, QEHS                   | Não envolvimento do órgão de <i>Compliance</i> da organização na análise do C.E. (ou requisitos do Cliente) | - Limitações legais desconhecidas   | 9                    | - Desconhecimento por parte da equipa de vendas dos requisitos/procedimentos da organização | 3                    | PCMB 1.9.1.5-1 / 2.3.1.1 - 5 / 4.1.1 - 3 / 4.1.1.4 - 1                                 | 2                  | 54  |  |  |  |
|                     |  |   | - Custos associados a incumprimento de requisitos legais  |                      | - Falta de tempo da equipa de vendas ("trabalho em contrarrelógio")                         |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  | Não envolvimento dos responsáveis QAS na análise do C.E. (ou requisitos do Cliente)                         | - Não clarificação das responsabilidades (ex: resíduos, segurança in loco)                              | 7                    | - Falta de tempo da equipa de vendas ("trabalho em contrarrelógio")                         | 4                    | PCMB 1.11.1.1 -5 / 2.7.1.1 - 1   | 4                  | 112 |  |  |  |
|                     |  |   | - Incumprimento dos requisitos normativos   |                      | - Desconhecimento por parte da equipa de vendas dos requisitos/procedimentos da organização |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  | Não envolvimento de técnicos com experiência adequada na análise dos requisitos técnicos do C.E             | - Custos acrescidos relativos a alterar a proposta ou a retrabalhos na fase de execução                 | 6                    | - Desconhecimento por parte da equipa de vendas dos requisitos/procedimentos da organização | 4                    | PCMB 1.9.1.5 - 1 / <i>Checklists</i> PM@Siemens / Base de Dados <i>Lessons Learned</i> | 3                  | 72  |  |  |  |
|                     |  |   | - Má interpretação dos trabalhos a realizar   |                      | - Formação deficiente da equipa de vendas   |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  |   | - Falta de tempo da equipa de vendas ("trabalho em contrarrelógio")                                     |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |  |
| 1.5                 | Elaborar análise de risco: Estimar e analisar os riscos do projeto | Não identificação de riscos associados a aspetos críticos   | - Não cumprimento dos objetivos financeiros do projeto  | 9                    | - Má avaliação da relevância dos aspetos críticos   | 4                    | Matriz de identificação e Avaliação de Riscos / PT-PGPS-QAS-V06-02                     | 3                  | 108 |  |  |  |
|                     |  |   | - Inviabilidade de continuar com o projeto  |                      | - Necessidade de manter a proposta competitiva (gestão de custos)                           |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  | Quantificação incorreta do risco  | - Não definição de medidas de resposta aos riscos adequadas   | 7                    | - Necessidade de manter a proposta competitiva (gestão de custos)                           | 4                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos)  | 4                  | 112 | - Estabelecimento de limite mínimo de valor de risco (Ex: percentagem do valor do projeto) |  |  |
|                     |  |   | - Custos associados a medidas de contingência de riscos não previstas                                   |                      | - Formação deficiente da equipa de vendas   |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  |   |   |                      | - Falta de conhecimento/experiência da equipa de vendas                                     |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  |   |   |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |  |
| 1.6                 | Acautelar as cláusulas críticas/ inaceitáveis                      | Falta de informação sobre os Fornecedores   | - Inviabilidade de desenvolvimento de uma estratégia eficiente  | 6                    | - Não centralização da informação sobre fornecedores  | 5                    | PHILOS / PCMB 2.4.2.2 / 1.11.1.1 - 9 / KPI'S ( <i>Supplier Evaluation</i> )            | 3                  | 90  |  |  |  |
|                     |  |   | - Não contratualização de cláusulas que salvaguardem atrasos do fornecimento por parte dos fornecedores |                      | - Inexistência de um sistema eficaz de gestão da carteira de fornecedores                   |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  | Falta de informação sobre o Cliente   | - Inviabilidade de desenvolvimento de uma estratégia eficiente  | 6                    | - Recolha e tratamento de informação deficiente   | 4                    | CRM / <i>Key Account Manager</i> / PCMB 1.6.1.2-1/NPS                                  | 2                  | 48  |  |  |  |
|                     |  |   |   |                      | - Pouca proximidade a clientes  |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  |   | - Não contratualização de cláusulas que salvaguardem questões com Custos não previstos                  |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |  |
|                     |  |   |   |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |  |

Tabela 8.3 – FMEA, Fase 1 – Etapas 1.7/1.8/1.9/1.10

| Descrição Funcional |   | Análise de Riscos  |   |                      |  |                      |   |                    |     | Plano de Ações   |
|---------------------|---|--|---|----------------------|--|----------------------|---|--------------------|-----|--|
| Referência          | Etapas  | Modos de Falha   | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha  | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:   | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas   |
| <b>1</b>            | <b>Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final</b>                            |  |   |                      |  |                      |   |                    |     |  |
| <b>1.7</b>          | Elaborar a calculação   | Planeamento Financeiro desajustado                                     | - Erro no cálculo das margens de lucro  | <b>8</b>             | - Não alinhamento com o WBS do projeto   | <b>4</b>             | PCMB 2.3.1.1-7/ 2.3.1.3 - 4 / KPI'S<br>( <i>Non Conformance Costs</i> )                             | <b>3</b>           | 96  | - Envolvimento da equipa financeira em todas as fases da elaboração da proposta (preparação, negociação) / - Inclusão do ponto Risco do Projeto na agenda das reuniões de preparação da proposta |
|                     |   |  | - Inviabilidade da realização do projeto;   |                      | - Não envolvimento de funções experientes da fase de execução                                |                      |   |                    |     |  |
|                     |   |  |   |                      | - Não consideração do valor do Risco do Projeto  |                      |   |                    |     |  |
|                     |   | Inexistência de informação relativa sobre a concorrência               | - Formulação de preços desajustada do mercado (concorrência)                            | <b>6</b>             | - Recolha e tratamento de dados deficiente   | <b>3</b>             | Envolvimento da função BD<br>( <i>Business Development</i> ) na fase de desenvolvimento da proposta | <b>3</b>           | 54  |  |
|                     |   |  | - Incapacidade de desenvolvimento de uma proposta competitiva                           |                      | - Insuficiente acompanhamento concorrencial  |                      |   |                    |     |  |
|                     |   |  |   |                      | - Deficiente estudo de mercado   |                      |   |                    |     |  |
| <b>1.8</b>          | Processo LoA ( <i>Limits of Authorization</i> ) - Aprovar as alterações por parte da sede | Incumprimento das regras da Siemens                                    | - Incumprimento dos requisitos da organização   | <b>8</b>             | - Desconhecimento por parte da equipa de vendas  | <b>3</b>             | PT-PGPS-Q-V12-02 / KPI'S<br>(PM@Siemens-Data Quality)   | <b>1</b>           | 24  |  |
|                     |   |  | - Inviabilidade de avançar com o projeto  |                      | - Atrasos provocados pela burocracia/verticalidade nos processos                             |                      |   |                    |     |  |
|                     |   | Impossibilidade de submissão da proposta ao Cliente                    | - Perda de Projeto  | <b>9</b>             | - Risco do negócio demasiado elevado   | <b>4</b>             | PCMB 2.3.1.2 - 5 / 1.8.8.1  | <b>2</b>           | 72  |  |
|                     |   |  | - Perda de Cota de Mercado  |                      | - Risco de corrupção elevado   |                      |   |                    |     |  |
| <b>1.9</b>          | Elaborar o Plano da Qualidade   | Falta de informação técnica  | - Incapacidade de cumprir as exigências de qualidade do fornecimento                    | <b>7</b>             | - Especificações da encomenda incompletas  | <b>4</b>             | Revisão (Princípio dos 4 olhos)   | <b>3</b>           | 84  |  |
|                     |   |  |   |                      | - Recolha e tratamento de informação deficiente  |                      |   |                    |     |  |
|                     |   |  |   |                      | - Má comunicação no seio da organização  |                      |   |                    |     |  |
|                     |   | Incumprimento do previsto no SGQ da PG                                 | - Incumprimento dos valores da organização<br>- Incumprimento dos requisitos normativos | <b>6</b>             | - Não incorporação dos requisitos do Cliente e do SGQ no corpo do PQ                         | <b>3</b>             | Auditorias internas aos projetos  | <b>2</b>           | 36  |  |
|                     |   |  |   |                      | - Desconhecimento por parte da equipa de vendas dos requisitos/procedimentos da organização  |                      |   |                    |     |  |
| <b>1.10</b>         | Pesquisar <i>Lessons Learned</i> prévias e incorporar, sempre que aplicável               | Inexistência de <i>Lessons Learned</i> referentes a projetos similares | - Perda de melhoria continua e eficiência   | <b>5</b>             | - Não envolvimento de funções experientes  | <b>5</b>             | PT-PGPS-Q-T03-02 / Base de dados<br><i>Lessons Learned</i>  | <b>3</b>           | 75  |  |
|                     |   |  |   |                      | - Inexistência de projetos semelhantes   |                      |   |                    |     |  |
|                     |   |  |   |                      | - Falta de recolha de informação pela organização  |                      |   |                    |     |  |
|                     |   | Desinteresse por parte da equipa                                       | - Incapacidade de melhoria relativamente a projetos anteriores                          | <b>5</b>             | - Deficiente fluxo de informação no seio da organização                                      | <b>5</b>             | Auditorias internas aos projetos  | <b>4</b>           | 100 |  |
|                     |   |  |   |                      | - Falta de tempo da equipa de vendas ("trabalho em contrarrelógio")                          |                      |   |                    |     |  |
|                     |   |  |   |                      | - Desconhecimento por parte da equipa de vendas dos requisitos/ procedimentos da organização |                      |   |                    |     |  |

Tabela 8.4 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.11/1.12

| Descrição Funcional                |  | Análise de Riscos   |  |                      |  |  |                                 |   |     | Plano de Ações                 |   |
|------------------------------------|--|---|--|----------------------|--|--|---------------------------------|---|-----|--------------------------------|---|
| Referência                         | Etapas   | Modos de Falha  | Efeitos dos Modos de Falha   | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha  | Índice de Ocorrência   | Controlos existentes:           | Índice de Detecção  | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas |   |
| 1                                  | Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final                |   |  |                      |  |  |                                 |   |     |                                |   |
| 1.11                               | Elaborar as Matrizes de Riscos e Perigos e Aspetos Ambientais          | Falta de informação acerca da totalidade dos trabalhos a realizar | - Não contemplação de todos os perigos e riscos dos trabalhos<br>- Incapacidade de cumprimento dos requisitos da organização | 6                    | - Especificações da encomenda incompletas<br>- Análise dos trabalhos pouco detalhada | 4  | Revisão (Princípio dos 4 olhos) | 3   | 72  |                                |   |
|                                    |  | Classificação deficiente dos trabalhos a realizar                 | - Incremento de custos relativos a segurança não acautelados na calculação<br>- Acidentes de trabalho                        |                      | 9  |  |                                 |   |     |                                | - Análise dos trabalhos pouco detalhada<br>- Má avaliação da sua relevância<br>- Falta de conhecimento das especificidades dos trabalhos a realizar |
|                                    |  | Insuficiente informação sobre a concorrência                      | - Formulação de preços desajustada do mercado<br>- Incapacidade de desenvolvimento de uma proposta competitiva               | 5                    |  | - Falta de qualidade dos dados recolhidos<br>- Deficiente estudo de mercado<br>- Insuficiente acompanhamento concorrencial     | 4                               | Envolvimento da função BD (Business Development) na fase de desenvolvimento da proposta | 3   |                                | 60  |
|                                    |  | Deficiente aproximação junto do cliente                           | - Perda de vantagem negocial<br>- Perda do projeto   |                      | 8  | - Má avaliação do perfil do cliente<br>- Pouca proximidade a clientes<br>- Não centralização da informação relativa a clientes |                                 |   |     |                                |   |
| Limites de negociação desajustados | - Inviabilidade de realização do projeto<br>- Perda de margem de lucro | 8   | - Má avaliação da relevância do negócio<br>- Recolha e tratamento de dados deficiente<br>- Cálculo do projeto desajustado    | 3                    |  | Revisão (Princípio dos 4 olhos)  | 3                               | 72  |     |                                |   |



Tabela 8.5 - FMEA, Fase 1 - Etapas 1.13/ 1.14

| Descrição Funcional              |  | Análise de Riscos   |   |                      |   |                      |  |                    |     | Plano de Ações   |  |
|----------------------------------|--|---|---|----------------------|---|----------------------|--|--------------------|-----|--|--|
| Referência                       | Etapas   | Modos de Falha  | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha   | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:  | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas   |  |
| 1                                | Desenvolvimento, negociação e entrega da proposta final                            |   |   |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |
| 1.13                             | Recolher o feedback do Cliente e incorporar as alterações solicitadas              | Má interpretação das alterações solicitadas   | - Apresentação de proposta desajustada                                    | 7                    | - Recolha e tratamento de dados deficiente  | 4                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos)                                      | 3                  | 84  |  |  |
|                                  |  |   | - Perda de vantagem concorrencial   |                      | - Especificidade da encomenda incompleta  |                      |  |                    |     |  |  |
|                                  |  |   |   |                      | - Fluxo de informação deficiente com o cliente                                      |                      |  |                    |     |  |  |
|                                  |  | Inviabilidade das Alterações solicitadas  | - Inviabilidade de realização do projeto                                  | 9                    | - Desconhecimento de Limitações físicas/externas/técnicas                           | 4                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos) / PCMB 1.9.1.5-1 / PT-PGPS-Q-V12-02  | 4                  | 144 | - Envolvimento de pessoas externas (legal, técnico especializado, financeiro) na análise das alterações ( <i>Bid Review Team</i> ) |  |
|                                  |  |   | - Perda de vantagem concorrencial   |                      | - Economicamente inviável   |                      |  |                    |     |  |  |
|                                  |  | Definição de nova proposta fora do prazo estipulado                                     | - Perda do projeto  | 9                    | - Falta de agilidade nos processos administrativos                                  | 3                    | PT-PGPS-Q-V12-02 / PCMB 1.5.4.1 / 1.9.1.5 - 1 / Checklist PM@Siemens | 4                  | 108 | - Alargamento da equipa interveniente na preparação da proposta  |  |
| - Abalo da imagem da organização | - Tempo insuficiente para desenvolvimento da solução a apresentar na nova proposta |   |   |                      |   |                      |  |                    |     |  |  |
| 1.14                             | Nomear formalmente o Project Manager   | Conhecimentos técnicos inapropriados para o âmbito do projeto por parte do P.M. nomeado | - Incapacidade do cumprimento das exigências de qualidade do fornecimento | 7                    | - Não envolvimento de técnico especializado/experiente na análise prévia à nomeação | 3                    | PCMB 2.3.1.4 - 4 / KPI'S ( PM Correct Placement)                     | 2                  | 42  |  |  |
|                                  |  |   | - Aumento de ocorrências/reclamações                                      |                      | - Falta de recursos qualificados disponíveis  |                      |  |                    |     |  |  |
|                                  |  | Âmbito do projeto mal clarificado   | - Objetivos do projeto não clarificados                                   | 7                    | - Mau fluxo de informação no seio da organização                                    | 5                    | Revisão (Princípio dos 4 olhos) / PCMB 1.9.1.5-1                     | 3                  | 105 |  |  |
|                                  |  |   | - Incapacidade do cumprimento das exigências de qualidade do fornecimento |                      | - Não envolvimento de técnico especializado/experiente na análise prévia à nomeação |                      |  |                    |     |  |  |

Tabela 8.6 - FMEA, Fase 2 - Etapas 2.1/2.2

| Descrição Funcional   |   | Análise de Riscos                                    |  |                      |   |                      |  |                    |     | Plano de Ações  |  |
|---|---|--|--|----------------------|---|----------------------|--|--------------------|-----|---|--|
| Referência  | Etapas  | Modos de Falha                                       | Efeitos dos Modos de Falha   | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha   | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:  | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas  |  |
| 2   | Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto                   |  |  |                      |   |                      |  |                    |     |   |  |
| 2.1   | Transferir a documentação da fase de vendas para o PM   | Não indicação de aspetos críticos                    | - Custos acrescidos com situações não previstas<br><br>- Inviabilidade de execução técnica, comercial e temporal     | 8                    | - Não presença de elementos chave na reunião de passagem de informação das vendas para a execução     | 4                    | PT-PGPS-QAS-T07-02/PCMB 2.3.1.1-8  | 4                  | 128 | - Envolvimento da equipa de projeto desde a fase de desenvolvimento da proposta / - Utilizar a base de dados de pontos críticos para cada projeto como <i>input</i> para a reunião de <i>handover</i> |  |
|   |   |  |  |                      | - Má avaliação da sua relevância  |                      |  |                    |     |   |  |
|   |   |  |  |                      | - Falta de conhecimento dos trabalhos a realizar  |                      |  |                    |     |   |  |
|   |   |  |  |                      | - Não consideração do valor de risco do projeto   |                      |  |                    |     |   |  |
|   |   | Não incorporar experiências e <i>Lessons Learned</i> | - Impossibilidade de melhoria relativamente a projeto anteriores<br><br>- Perda de melhoria continua e da eficiência | 5                    | - Recolha e tratamento de dados deficiente  | 4                    | PCMB 2.3.1.1 - 8/Base de Dados <i>Lessons Learned</i>  | 4                  | 80  |   |  |
|   |   |  |  |                      | - Não inclusão de funções experientes na reunião de passagem de informação das vendas para a execução |                      |  |                    |     |   |  |
| - Inexistência de <i>lessons Learned</i> de projeto semelhantes |   |  |  |                      |   |                      |  |                    |     |   |  |
| Não preenchimento do <i>Handover Protocol</i>                   | - Incumprimento dos requisitos da organização<br><br>- Documentação relevante do projeto (prevista no SGQ) por elaborar | 6  | - Documentação prevista no SGQ por elaborar  | 4                    | Checklist PM@Siemens / PCMB 2.3.1.1-8   | 2                    | 48   |                    |     |   |  |
| 2.2   | Rever a Análise de Riscos, se aplicável   | Não incorporação de novos riscos                     | - Custos acrescidos devido a situações não acauteladas   | 7                    | - Falta de informação relativa às novas atividades a realizar   | 5                    | Matriz de identificação e Avaliação de Riscos / PT-PGPS-QAS-V06-02/ Auditorias internas aos projetos | 4                  | 140 |   |  |
|   |   |  |  |                      | - Necessidade de manter o capital de risco  |                      |  |                    |     |   |  |
|   |   | Má avaliação dos trabalhos a realizar                | - Não consideração de possíveis riscos que possam colocar em causa o sucesso do projeto                              |                      | - Análise dos trabalhos pouco detalhada   | 4                    | Revisão (princípio dos 4 olhos)  | 4                  | 112 |   |  |
|   |   |  |  |                      | - Falta de conhecimento dos trabalhos a realizar  |                      |  |                    |     |   |  |

Tabela 8.7 - FMEA, Fase 2 - Etapas 2.3/2.4/2.5

| Descrição Funcional   |   | Análise de Riscos  |   |  |   |                      |   |                    |                | Plano de Ações  |  |
|---|---|--|---|--|---|----------------------|---|--------------------|----------------|---|--|
| Referência  | Etapas  | Modos de Falha   | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade                     | Causas dos Modos de Falha                                     | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:   | Índice de Detecção | NPR            | Ações de Melhoria Recomendadas  |  |
| 2   | Adjudicação do projeto e transição da informação da fase de vendas para a fase de execução do projeto |  |   |  |   |                      |   |                    |                |   |  |
| 2.3   | Rever a<br>calculação, se aplicável   | Não consideração de alterações ao fornecimento                     | - Inviabilidade de realização do projeto                              | 9  | - Análise dos trabalhos pouco detalhada                       | 3                    | PCMB 2.3.1.1-7 / 2.3.1.3 - 4  | 3                  | 81             |   |  |
|   |   |  | - Cálculo das margens de lucro desajustada                            |  | - Falta de informação relativa às novas atividades a realizar |                      |   |                    |                |   |  |
|   |   | Não atualização do budget previsto para o risco                    | - Custos acrescidos devido a situações não acauteladas                | 7  | - Falta de informação relativa aos novos riscos existentes    | 6                    | PCMB 2.3.1.1-7 / KPI'S ( <i>Non Conformance Costs</i> ) / Auditorias internas aos projetos  | 4                  | 168            |   |  |
|   |   |  | - Custos associados a medidas de contingência de riscos não previstos |  | - Necessidade de manter a proposta competitiva                |                      |   |                    |                |   |  |
| 2.4   | Atualizar as Matrizes de Riscos e Perigos e Aspetos e impactos Ambientais, se aplicável               | Má avaliação do âmbito dos novos trabalhos a realizar              | - Não clarificação das novas responsabilidades                        | 5  | - Análise dos trabalhos pouco detalhada                       | 5                    | Revisão (princípio dos 4 olhos) / Auditorias internas aos projetos /KPI'S (EHS Risk Indexes) /KPI'S ( <i>Injury Rates</i> )/KPI'S (EHS Qualification) | 3                  | 75             |   |  |
|   |   |  | - Não contemplar todos os perigos e riscos dos trabalhos              |  | - Falta de conhecimento dos trabalhos a realizar              |                      |   |                    |                |   |  |
|   |   | Classificação deficiente dos riscos dos novos trabalhos a realizar | - Incremento de custos relativos a segurança                          | 9  | - Análise dos trabalhos pouco detalhada                       | 4                    | Revisão (princípio dos 4 olhos) / Auditorias internas aos projetos /KPI'S (EHS Risk Indexes) /KPI'S ( <i>Injury Rates</i> )/KPI'S (EHS Qualification) | 4                  | 144            | - Envolvimento de técnicos especializados e experientes na classificação dos trabalhos / -Solicitar a todos os subcontratados a análise de risco dos trabalhos a serem executados |  |
|   |   |  | - Acidentes de trabalho   |  | - Má avaliação da sua relevância                              |                      |   |                    |                |   |  |
|   |   |  |   |  |   |                      |   |                    |                |   | - Falta de conhecimento das especificidades dos trabalhos a realizar |
|   |   | 2.5  | Preparar os contratos a celebrar entre as partes interessadas         | Não garantia da fidelidade dos contratos | - Paragem do projeto  | 9                    | - Não envolvimento de todas as partes interessadas  | 3                  | PCMB 1.9.1.5-1 | 3   | 81   |
| - Custos acrescidos com requisitos críticos (técnicos, legais, comerciais) não acutelados | - Não envolvimento do órgão <i>compliance</i>   |  |   |  |   |                      |   |                    |                |   |  |
|   | - Não envolvimento da função Legal  |  |   |  |   |                      |   |                    |                |   |  |
| Não inclusão de cláusulas críticas  | - Custos acrescidos com requisitos críticos (técnicos, legais, comerciais) não acutelados             |  |   | 8  | - Falta de informações sobre as partes interessadas           | 5                    | PCMB 1.9.1.5-1  | 3                  | 120            | - Envolvimento de funções especializadas (legal, técnico especializado, financeiro)   |  |
|   | - Fragilização da situação económica da organização   |  |   |  | - Fluxo de informação deficiente do seio da organização       |                      |   |                    |                |   |  |
|   |   |  |   |  | - Falta de conhecimento do âmbito contratual                  |                      |   |                    |                |   |  |

Tabela 8.8 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.1/3.2/3.3

| Descrição Funcional |  | Análise de Riscos   |   |                      |  |                      |  |                    |     | Plano de Ações                 |  |
|---------------------|--|---|---|----------------------|--|----------------------|--|--------------------|-----|--------------------------------|--|
| Referência          | Etapas   | Modos de Falha  | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha  | Índice de Ocorrência | Controlos existentes:  | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas |  |
| 3                   | Início do projeto  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
| 3.1                 | Definir a organização para o projeto   | Clarificação deficiente das responsabilidades                     | <div>- Inviabilidade do cumprimento dos requisitos de qualidade do fornecimento</div> <div>- Não alocação dos recursos com a qualificação certa</div>   | 7                    | <div>- Fluxo de informação deficiente no seio da organização</div> <div>- Falta de conhecimento das especificidades dos trabalhos a realizar</div>   | 5                    | PCMB 2.7.1.1 - 1 / PT-PGPS-AS-V10-01   | 3                  | 105 |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Deficiente gestão dos recursos a utilizar                         | <div>- Indisponibilidade dos recursos</div> <div>- Inviabilidade de cumprimento dos prazos estabelecidos no contrato</div>  | 7                    | <div>- Definição deficiente dos <i>Work Packages</i> (pacotes de trabalho)</div> <div>- Falta de conhecimento da qualificação necessária para cada âmbito de trabalho</div> <div>- Passagem de informação incompleta</div>   | 4                    | PCMB 1.5.4.1 / 1.9.1.5 - 1 / <i>Checklist</i> PM@Siemens   | 4                  | 112 |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
| 3.2                 | Analisar o contrato e esclarecer as dúvidas técnicas, comerciais e jurídicas | Conhecimento da equipa de projeto limitado                        | <div>- Não identificação de aspetos críticos</div> <div>- Impossibilidade de esclarecimento de situações potenciadoras de incumprimento de obrigações contratuais</div>   | 6                    | <div>- Não envolvimento de técnicos especializados</div> <div>- Não envolvimento do órgão <i>compliance</i></div> <div>- Formação deficiente da equipa de projeto</div>  | 3                    | KPI'S (PM <i>Correct Placement</i> )   | 3                  | 54  |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Não envolvimento dos elementos chave da equipa de vendas/execução | <div>- Inviabilidade do cumprimento dos requisitos do fornecimento (cliente, técnicos, QAS, legais)</div> <div>- Impossibilidade de assegurar que os parceiros contratuais cumpram o disposto no contrato</div>   | 7                    | <div>- Falta de disponibilidade</div> <div>- Deficiente difusão do SGQ da organização no seio da empresa</div> <div>- Prazos apertados</div>   | 5                    | Auditorias internas a projetos/ PCMB 1.9.1.5-1   | 3                  | 105 |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
| 3.3                 | Definir a estratégia para as alterações ao contrato e "claims"               | Falta de conhecimento contratual                                  | <div>- Inviabilidade de estabelecimento de uma estratégia eficaz</div>  | 6                    | <div>- Não envolvimento do órgão <i>compliance</i></div> <div>- Equipa de projeto com qualificação desajustada</div> <div>- Não envolvimento da equipa de execução na fase de desenvolvimento contratual</div>   | 3                    | PT-PGPS-Q-V09-02 / PT-PGPS-Q-V08-02  | 5                  | 90  |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Falta de conhecimento das especificidades técnicas do projeto     | <div>- Perda de vantagem negocial</div>   |                      | <div>- Não envolvimento da equipa de execução na fase de desenvolvimento/vendas</div> <div>- Equipa de projeto com qualificação desajustada</div> <div>- Não presença dos elementos chave da equipa de vendas / execução na reunião para transição da informação</div> | 5                    | PT-PGPS-Q-V09-02 / PT-PGPS-Q-V08-02  | 5                  | 150 |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Estabelecimento de limites a alterações desajustado               | <div>- Perda de vantagem negocial</div> <div>- Custos acrescidos devido a alterações propostas pelo cliente</div> <div>- Incumprimento do estabelecido no procedimento de Qualidade da organização: "<i>Chage order management</i>"; Gestão de "claims"</div> | 7                    | <div>- Má avaliação da relevância do projeto</div> <div>- Recolha e tratamento de dados deficiente</div> <div>- Desconhecimento dos objetivos financeiros do projeto</div>   | 2                    | Revisão (princípio dos 4 olhos) / PT-PGPS-Q-V09-02 / PT-PGPS-Q-V08-02 / PCMB 2.3.1.3 - 4 / 1.9.1.5 - 1 | 3                  | 42  |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |
|                     |  |   |   |                      |  |                      |  |                    |     |                                |  |

Tabela 8.9 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.4/3.5/3.6

| Descrição Funcional   |                                | Análise de Riscos  |  |                      |   |  |  |   |     | Plano de Ações                 |  |
|---|--------------------------------|--|--|----------------------|---|--|--|---|-----|--------------------------------|--|
| Referência  | Etapas                         | Modos de Falha   | Efeitos dos Modos de Falha   | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha   | Índice de Ocorrência   | Controlos existentes:  | Índice de Detecção                              | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas |  |
| 3   | Início do projeto              |  |  |                      |   |  |  |   |     |                                |  |
| 3.4   | Rever a Análise de Risco       | Impossibilidade de aumentar o <i>Budget</i> disponível para o Risco (controlo de custos) | <div>- Impossibilidade de acautelar novos riscos identificados</div> <div>- Incumprimento dos requisitos da organização</div>                                      | 6                    | <div>- Imposição por parte do cliente</div>   | 7  | Não foi identificado nenhum método de deteção / KPI’S ( <i>Non Conformance Costs</i> )   | 6   | 252 |                                |  |
|   |                                |  |  |                      | <div>- Necessidade estratégica</div>  |  |  |   |     |                                |  |
|   |                                |  |  |                      | <div>- Limitações orçamentais</div>   |  |  |   |     |                                |  |
|   |                                | Quantificação incorreta de novos riscos  | <div>- Não definição de medidas de resposta aos riscos adequadas</div> <div>- Custos acrescidos associados a medidas de contingência de riscos não previstos</div> | 6                    | <div>- Limitações orçamentais (Valores de custos limitados pelo preço de venda final)</div>                   | 5  | Revisão (princípio dos 4 olhos) / Matriz de identificação e Avaliação de Riscos / PT-PGPS-QAS-V06-02/ Auditorias internas aos projetos | 3   | 90  |                                |  |
| <div>- Má avaliação das atividades a desenvolver</div>                                  |                                |  |  |                      |   |  |  |   |     |                                |  |
| <div>- Falta de conhecimento das atividades a realizar</div>                            |                                |  |  |                      |   |  |  |   |     |                                |  |
| 3.5   | Rever da calculação            | Não inclusão da atualização do <i>budget</i> previsto para o risco                       | <div>- Custos acrescidos devido a situações não acauteladas</div> <div>- Custos acrescidos associados a medidas de contingência de riscos não previstas</div>      | 5                    | <div>- Desconhecimento dos novos riscos</div>   | 5  | PCMB 2.3.1.1-7 / KPI’S (Non Conformance Costs)   | 4   | 100 |                                |  |
|   |                                |  |  |                      | <div>- Limitações orçamentais</div>   |  |  |   |     |                                |  |
|   |                                |  |  |                      | <div>- Necessidade estratégica</div>  |  |  |   |     |                                |  |
|   |                                | Flutuação dos preços de mercado  | <div>- Perda de margem de lucro</div> <div>- Incumprimento dos requisitos legais</div> <div>- Custos acrescidos associados a reformular a proposta</div>           | 8                    | <div>- Não acompanhamento dos custos de mercado</div>   | 4  | PCMB 3.1.8.4   | 2   | 64  |                                |  |
| <div>- Falta de comunicação com os fornecedores</div>                                   |                                |  |  |                      |   |  |  |   |     |                                |  |
| <div>- Demasiado tempo desde a entrega da primeira proposta até a aceitação final</div> |                                |  |  |                      |   |  |  |   |     |                                |  |
| 3.6   | Acordar os objetivos para o PM | Falta de conhecimento das especificações/requisitos do Projeto                           | <div>- Má definição dos pacotes de trabalho</div>  | 7                    | <div>- Não envolvimento da equipa de execução desde o início do desenvolvimento</div>                         | 5  | Revisão (princípio dos 4 olhos) / <i>Letter of Empowerment</i>   | 2   | 70  |                                |  |
|   |                                |  |  |                      | <div>- Análise deficiente da totalidade dos requisitos/especificações do projeto</div>                        |  |  |   |     |                                |  |
|   |                                | Não presença dos elementos chave da equipa de vendas/execução na reunião                 |  |                      | <div>- Inviabilidade de cumprimento dos objetivos (prazos, custos, qualidade) estabelecidos no contrato</div> | <div>- Falta de compromisso/empenho</div>                                | 3  | <i>Handover Protocol / Checklist</i> PM@Siemens | 4   | 84                             |  |
|   |                                |  |  |                      |   | <div>- Deficiente difusão do SGQ da organização no seio da empresa</div> |  |   |     |                                |  |
| <div>- Prazos apertados</div>   |                                |  |  |                      |   |  |  |   |     |                                |  |

Tabela 8.10 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.7/3.8/3.9

| Descrição Funcional |  | Análise de Riscos  |   |   |  |                                 |  |                    |     | Plano de Ações                 |  |
|---------------------|--|--|---|---|--|---------------------------------|--|--------------------|-----|--------------------------------|--|
| Referência          | Etapas   | Modos de Falha   | Efeitos dos Modos de Falha  | Índice de Severidade  | Causas dos Modos de Falha  | Índice de Ocorrência            | Controlos existentes:  | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas |  |
| 3                   | Início do projeto                                |  |   |   |  |                                 |  |                    |     |                                |  |
| 3.7                 | Elaborar o Planeamento das atividades do projeto | Dependência de terceiros   | - Custos acrescidos devido a atrasos de terceiros                                       | 7   | - Trabalhos/equipamentos a fornecer não fazem parte do âmbito de fornecimento da Siemens | 7                               | PCMB 2.4.4 - 11 / 2.3.1.1. - 5                               | 5                  | 245 |                                |  |
|                     |  |  | - Inviabilidade do cumprimento dos prazos estipulados no contrato                       |   | - Fornecedor único para requisitos do cliente/projeto                                    |                                 |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Definição das datas de entrega com prazos demasiado curtos (apertados) | - Inviabilidade do cumprimento dos prazos estipulados no contrato                       | 8   | - Necessidade de levar a proposta a concurso (Data limite imposta pelo Cliente)          | 6                               | PCMB 1.5.4.1 / 1.9.1.5 - 1 / <i>Checklist</i> PM@Siemens     | 5                  | 240 |                                |  |
|                     |  |  | - Desconhecimento da duração de cada <i>work package</i>                                |   |  |                                 |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Má gestão dos Recursos Humanos   | - Não alinhamento dos trabalhos com a disponibilidade das centrais por parte do Cliente | 6   | - Desconhecimento da dependência sequencial de alguns <i>work packages</i>               | 4                               | PCMB 1.5.4.1 / 1.9.1.5 - 1 / <i>Checklist</i> PM@Siemens     | 4                  | 96  |                                |  |
|                     |  |  | - Incremento de custos devido a realocações   |   | - Falta de pessoal especializado   |                                 |  |                    |     |                                | - Má comunicação entre as funções envolvidas |
| 3.8                 | Elaborar a Lista de fornecedores                 | Falta de informação sobre avaliações anteriores                        | - Custos acrescidos com paragem forçada   | 6   | - Fluxo de informação deficiente entre as funções envolvidos                             | 5                               | PHILOS / PCMB 2.4.4.2 / KPI'S ( <i>Supplier Evaluation</i> ) | 3                  | 90  |                                |  |
|                     |  |  | - Inviabilidade do cumprimento dos prazos estipulados no contrato                       |   | - Não centralização da informação sobre os fornecedores                                  |                                 |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Especificações incompletas sobre serviços/materiais a fornecer         | - Custos acrescidos com reencomenda de material   | 7   | - Fluxo de informação deficiente entre as funções envolvidos                             | 4                               | Revisão (princípio dos 4 olhos) / PT-PGPS-AS-V02-A01-02      | 3                  | 84  |                                |  |
|                     |  |  | - Custos acrescidos com atrasos de fornecimento   |   | - Especificidade da encomenda incompleta   |                                 |  |                    |     |                                |  |
| 3.9                 | Rever o PQ                                       | Não consideração de alterações relativas ao âmbito dos trabalhos       | - Incapacidade do cumprimento das exigências de qualidade do fornecimento               | 6   | - Desconhecimento das novas especificações   | 4                               | Revisão (princípio dos 4 olhos)                              | 2                  | 48  |                                |  |
|                     |  |  |   |   | - Fluxo de informação deficiente entre o PM e a função de Qualidade da organização       |                                 |  |                    |     |                                |  |
|                     |  | Não consideração de alterações relativas ao planeamento do projeto     | - Não aprovação do PQ pelo Cliente  | - Fluxo de informação deficiente entre o Gestor de Projeto e a função de Qualidade da organização | 4  | Revisão (princípio dos 4 olhos) | 2  | 48                 |     |                                |  |
|                     |  |  |   | - Desconhecimento das alterações de âmbito/especificações/prazos                                  |  |                                 |  |                    |     |                                |  |



Tabela 8.11 - FMEA, Fase 3 - Etapas 3.10/3.11

| Descrição Funcional |  | Análise de Riscos   |  |                      |   |   |   |                    |     | Plano de Ações   |  |
|---------------------|--|---|--|----------------------|---|---|---|--------------------|-----|--|--|
| Referência          | Etapas   | Modos de Falha  | Efeitos dos Modos de Falha   | Índice de Severidade | Causas dos Modos de Falha   | Índice de Ocorrência  | Controlos existentes:   | Índice de Detecção | NPR | Ações de Melhoria Recomendadas   |  |
| 3                   | Início do projeto  |   |  |                      |   |   |   |                    |     |  |  |
| 3.10                | Elaborar/definir a documentação EHS prévia ao início de obra | Incumprimento de requisitos QEHS (legais, PSS, segurança)   | <div>- Impossibilidade de entrada em obra dos Prestadores de Serviço;</div> <div>- Inviabilidade do cumprimento dos prazos estipulados com o cliente</div> | 9                    | - Fluxo de informação deficiente entre o PM e a função de EHS da organização            | 6   | PCMB 2.7.1.1 - 1 / 2.7.1.2 - 1 / KPI'S (EHS <i>Qualification</i> )  | 3                  | 162 | - Reuniões de acompanhamento entre o responsável pela Qualidade e o Gestor de Projeto / - Implementação de sessões de formação à equipa de projeto sobre as metodologias a aplicar / - Reuniões de EHS no início de cada projeto/ - Recolha de requisitos específicos do cliente |  |
|                     |  |   |  |                      | - Clarificação deficiente das responsabilidades   |   |   |                    |     |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Desconhecimento de requisitos de EHS  |   |   |                    |     |  |  |
|                     |  | Prestadores de Serviço não cumprem os requisitos da Siemens |  | 4                    | - Impossibilidade de realizar inspeções/auditorias imposta pelo fornecedor              | PCMB 2.4.2 - 6 / 2.4.4.1 - 18 / 2.4.4 - 11 / 2.3.1.1. - 5 / PT-PGPS-AS-V02-A01-02 / PT-PGPS-QAS-V01-03 / PT-PGPS-QAS-V01-A01-02 | 2   | 72                 |     |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Não divulgação dos requisitos QAS da organização                                      |   |   |                    |     |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Processo de seleção de fornecedores desatualizado                                     |   |   |                    |     |  |  |
| 3.11                | Realizar a <i>Kick off Meeting</i>                           | Não clarificação das responsabilidades                      | <div>- Não esclarecimento das especificações do projeto</div> <div>- Incapacidade do cumprimento das exigências do fornecimento</div>                      | 6                    | - Fluxo de informação deficiente no seio da organização                                 | 4   | PCMB 1.11.1.1 - 10 / <i>Letter of Empowerment / Checklists</i> PM@Siemens / PT-PGPS-Q-V06-03 / PT-PGPS-Q-V07-02 | 2                  | 48  |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Falta de comunicação com as partes interessadas                                       |   |   |                    |     |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Desconhecimento de especificidades da obra  |   |   |                    |     |  |  |
|                     |  | Falta de <i>Site Survey</i>                                 |  | 8                    | - Não alinhamento dos trabalhos com a disponibilidade das Centrais por parte do Cliente | 4   | PT-PGPS-QAS-T09-01 / <i>Checklist</i> PM@Siemens  | 2                  | 64  |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Não deslocação da equipa de projeto à obra  |   |   |                    |     |  |  |
|                     |  |   |  |                      | - Planeamento desajustado   |   |   |                    |     |  |  |
| - Falta de tempo    |  |   |  |                      |   |   |   |                    |     |  |  |

## 8.2 – Anexo B – Diagramas em Árvore

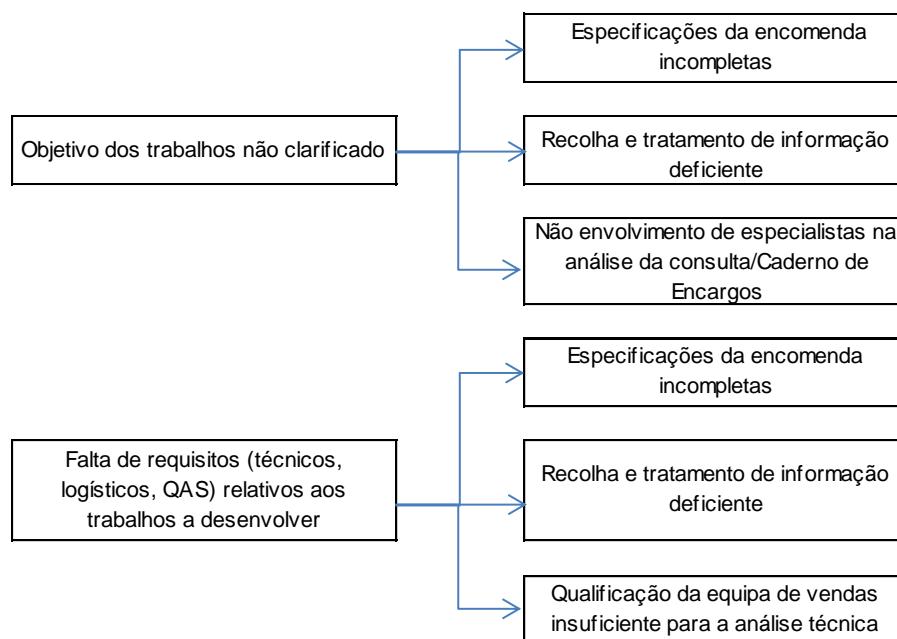


Figura 8.1 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.1

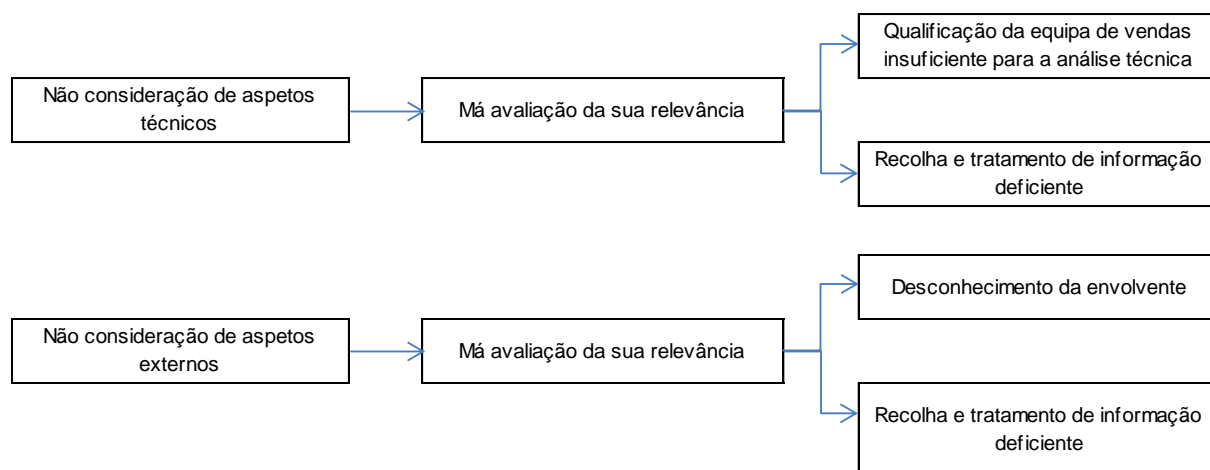
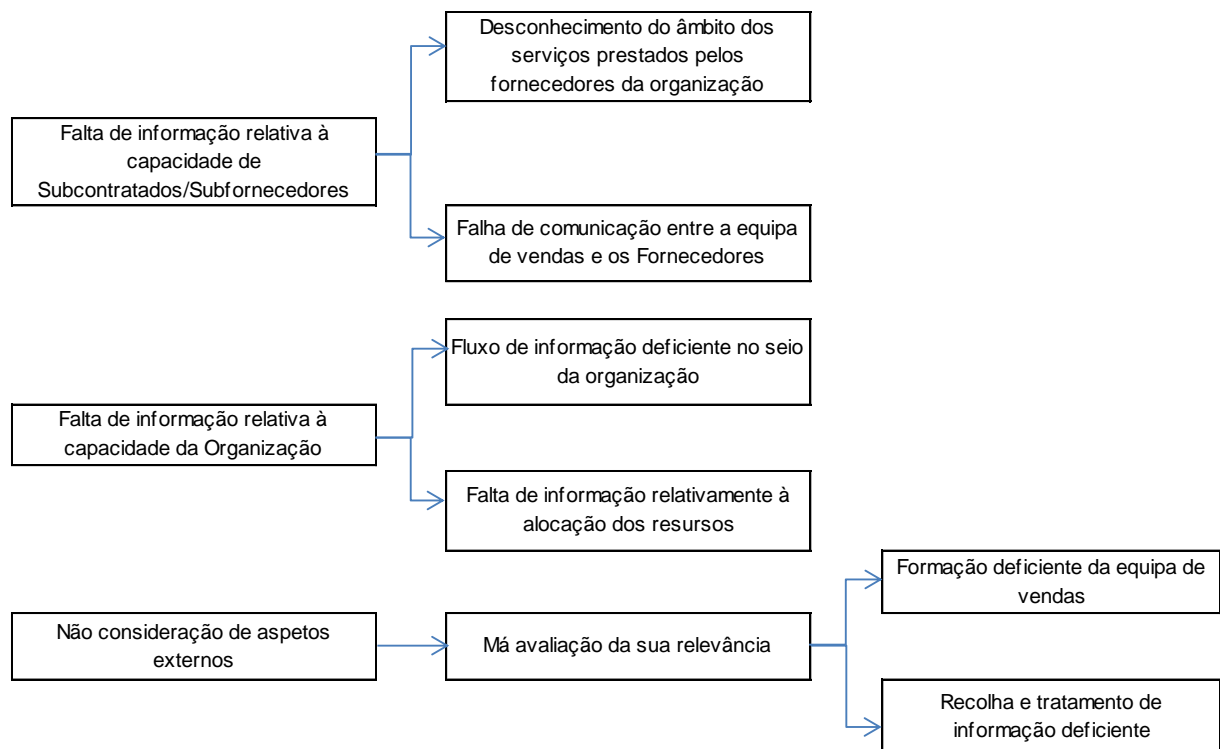
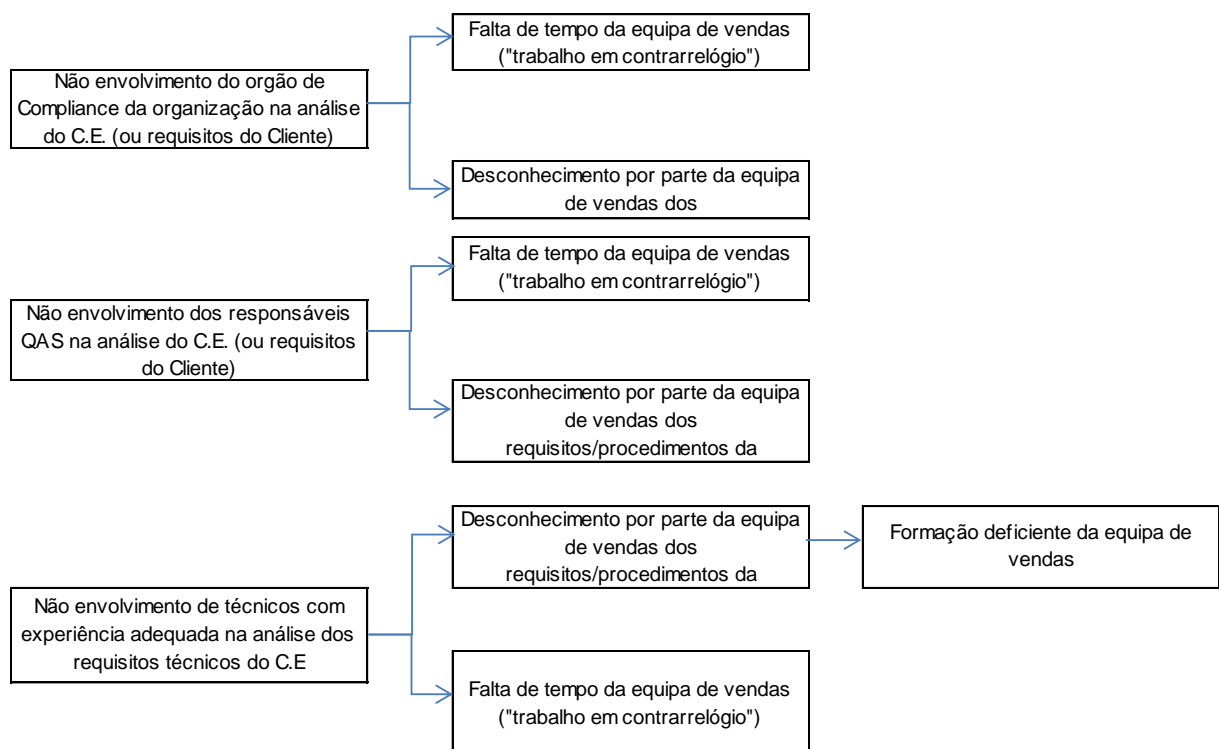


Figura 8.2 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.2

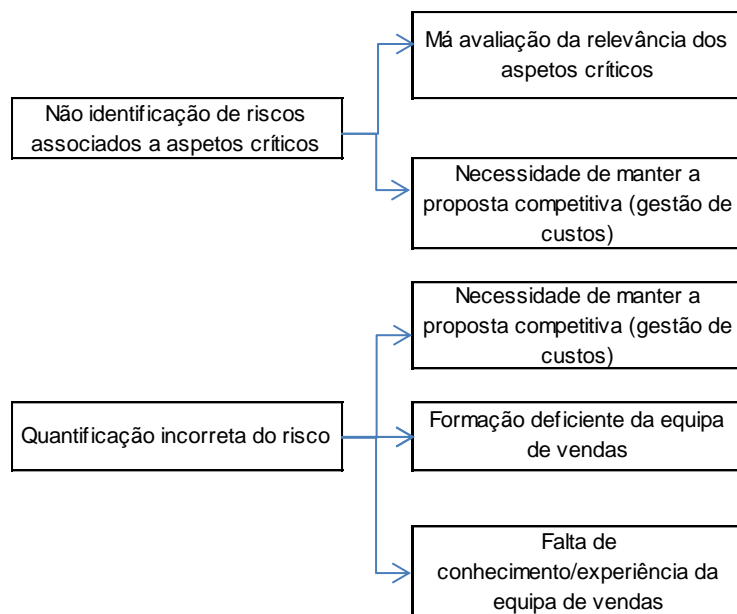




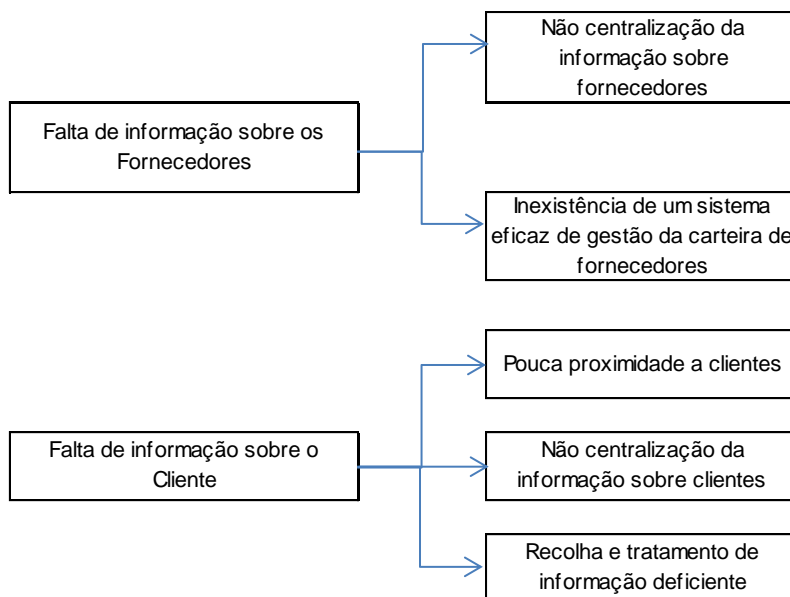
**Figura 8.3 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.3**



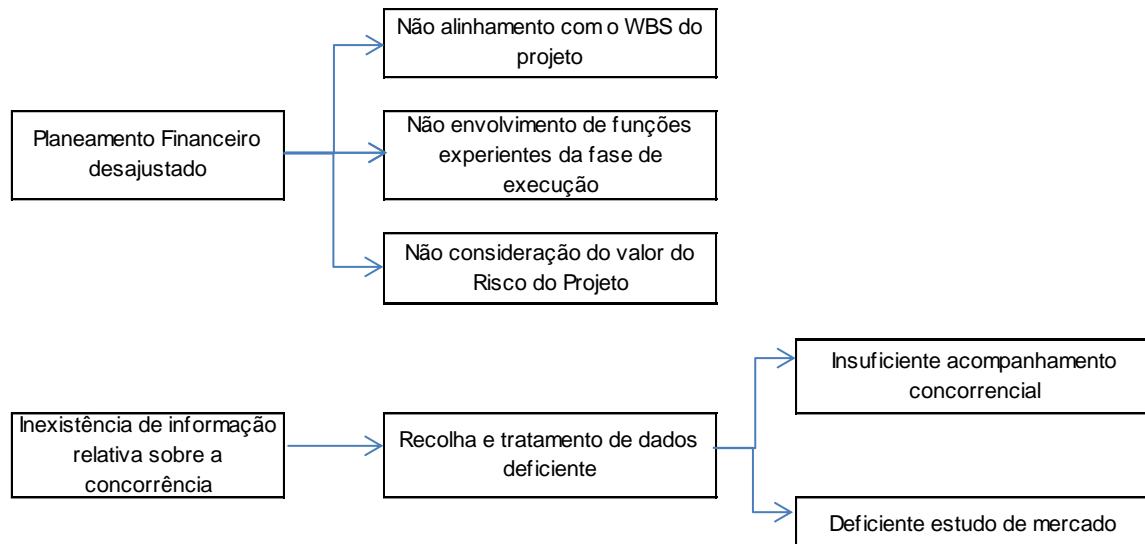
**Figura 8.4 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.4**



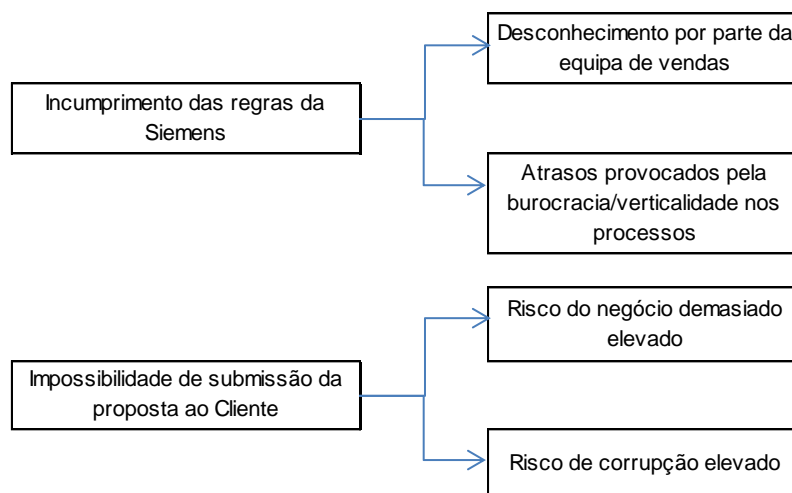
**Figura 8.5 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.5**



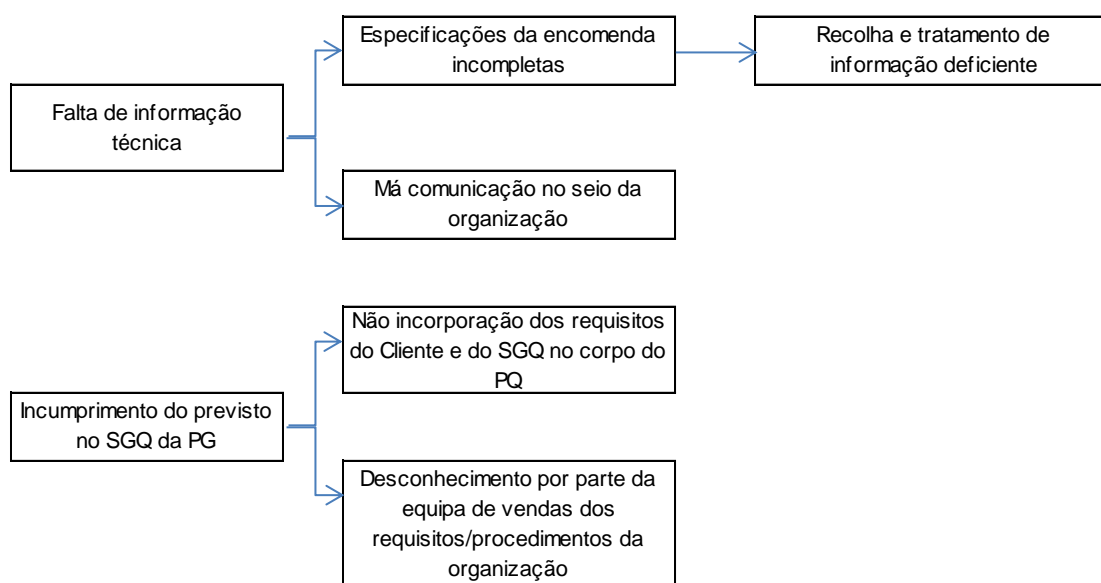
**Figura 8.6 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.6**



**Figura 8.7 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.7**



**Figura 8.8 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.8**



**Figura 8.9- Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.9**

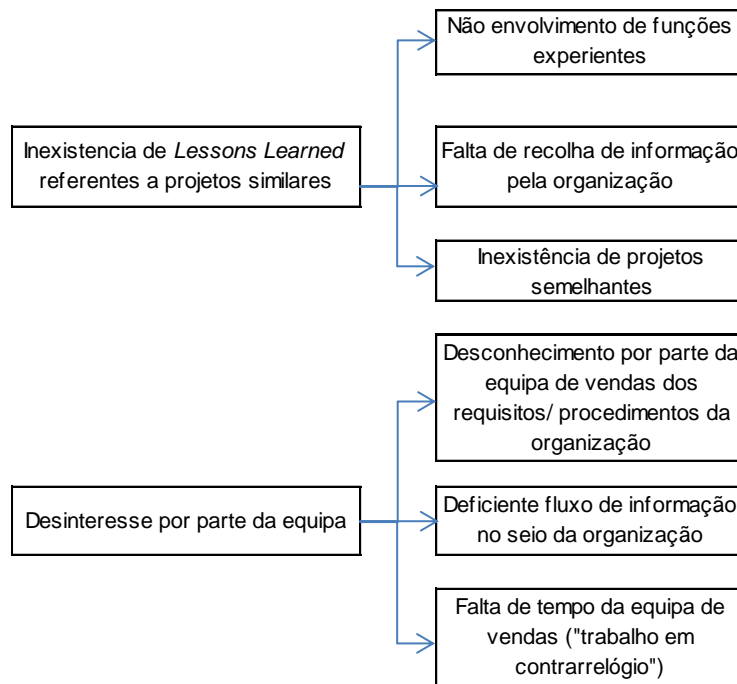


Figura 8.10 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.10

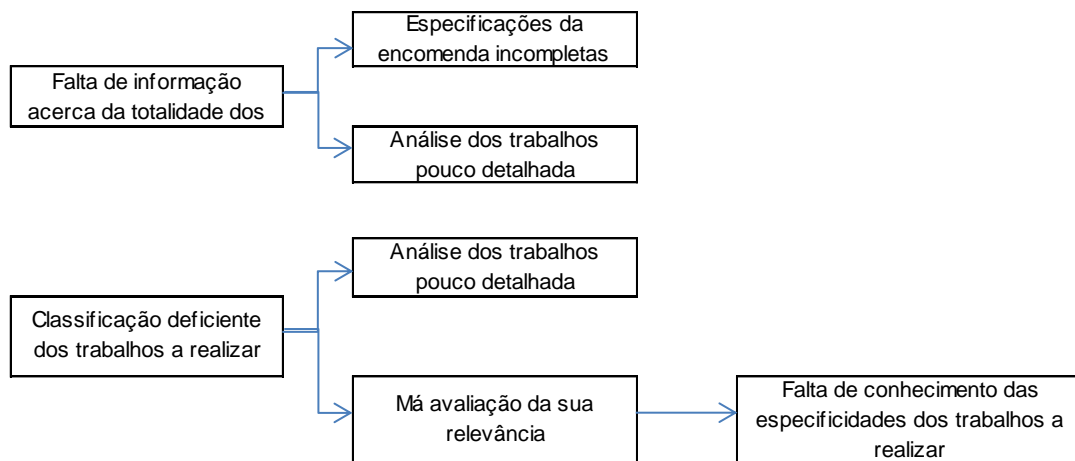


Figura 8.11 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.11

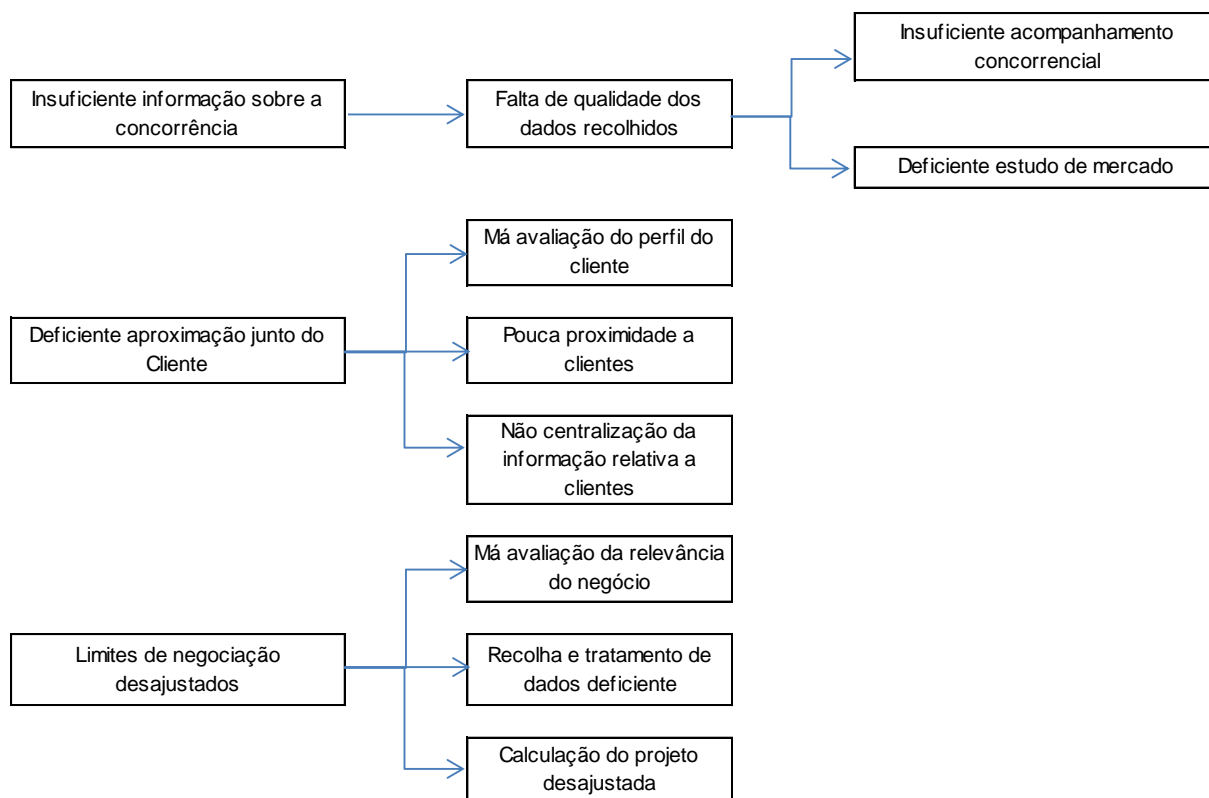


Figura 8.12 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.12

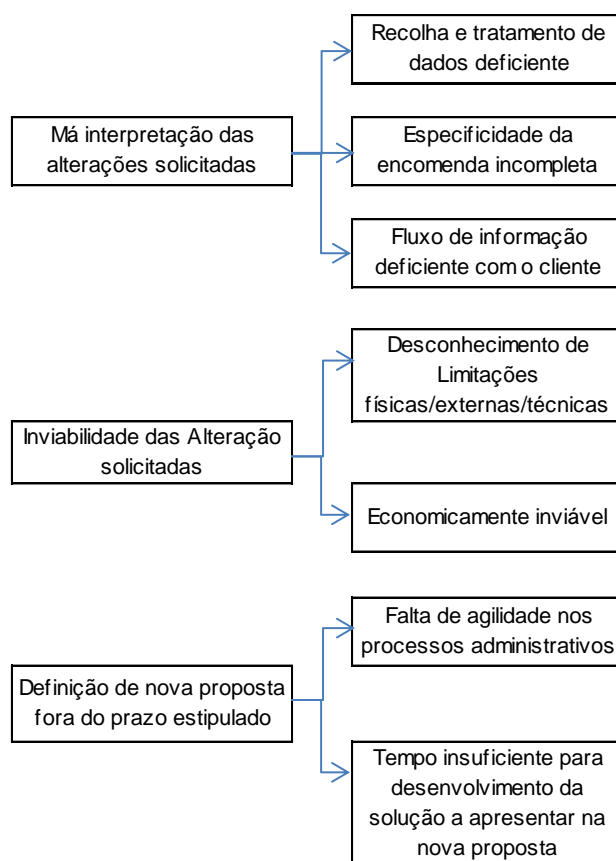


Figura 8.13 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.13

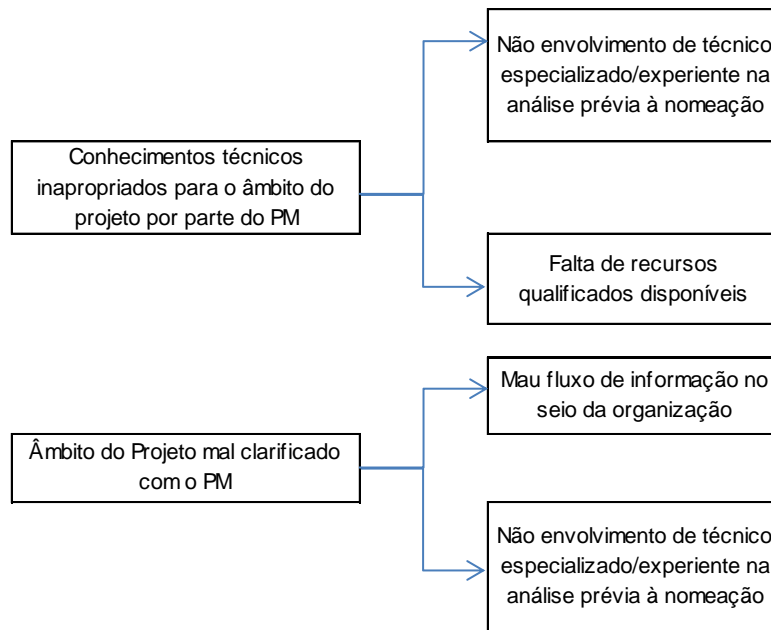


Figura 8.14 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 1.14

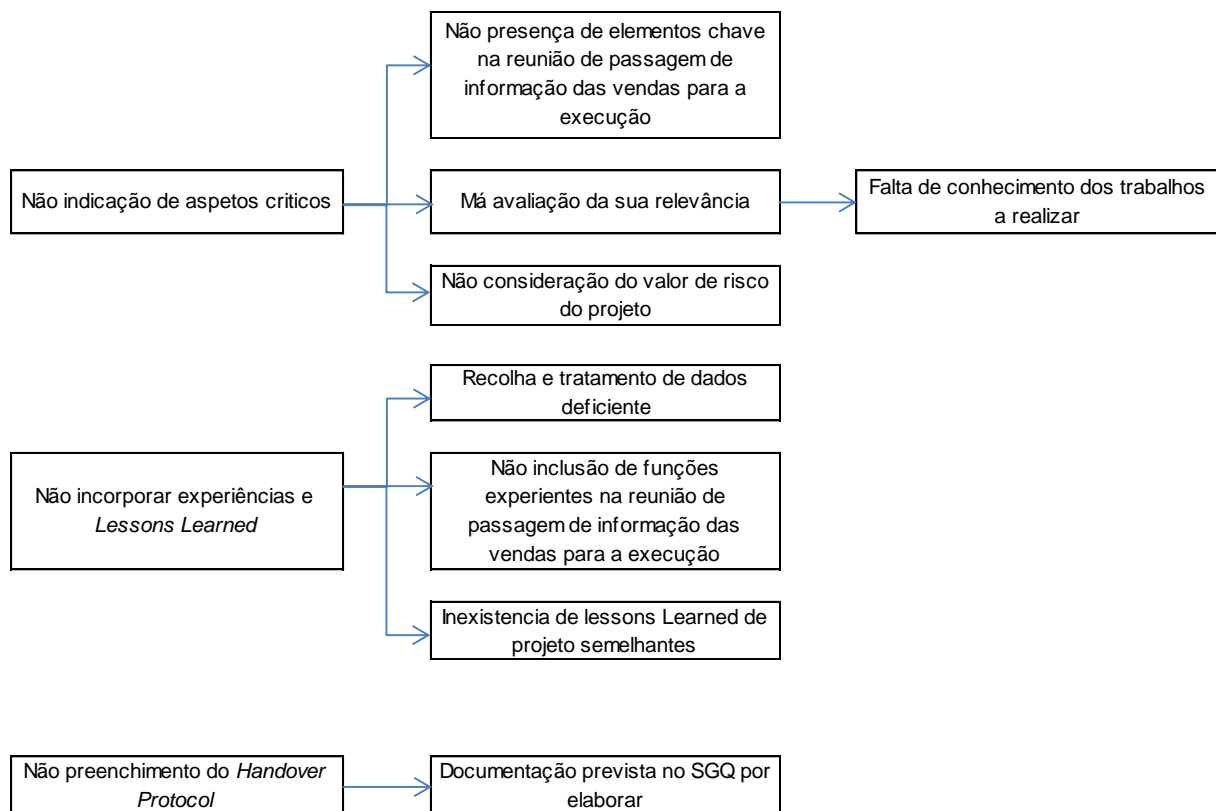


Figura 8.15- Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.1

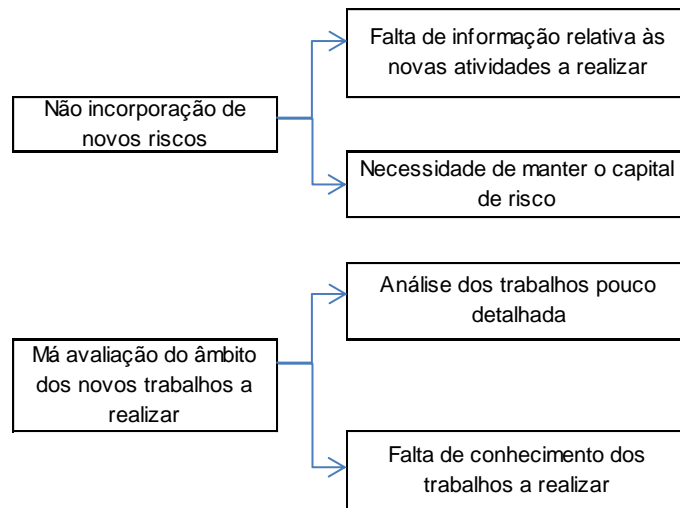


Figura 8.16 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.2

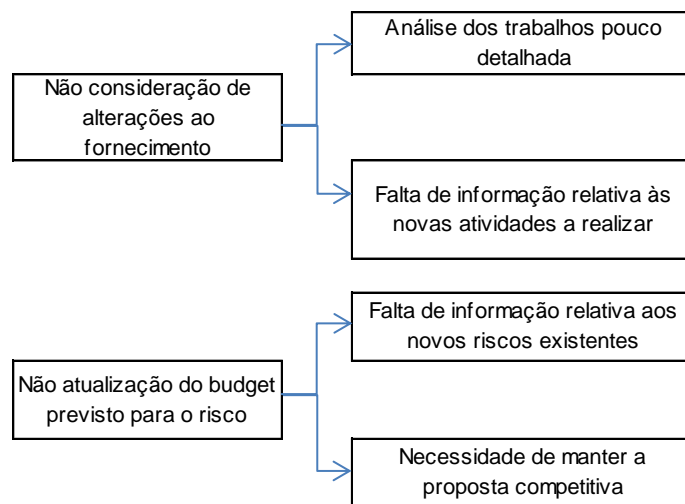


Figura 8.17 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.3

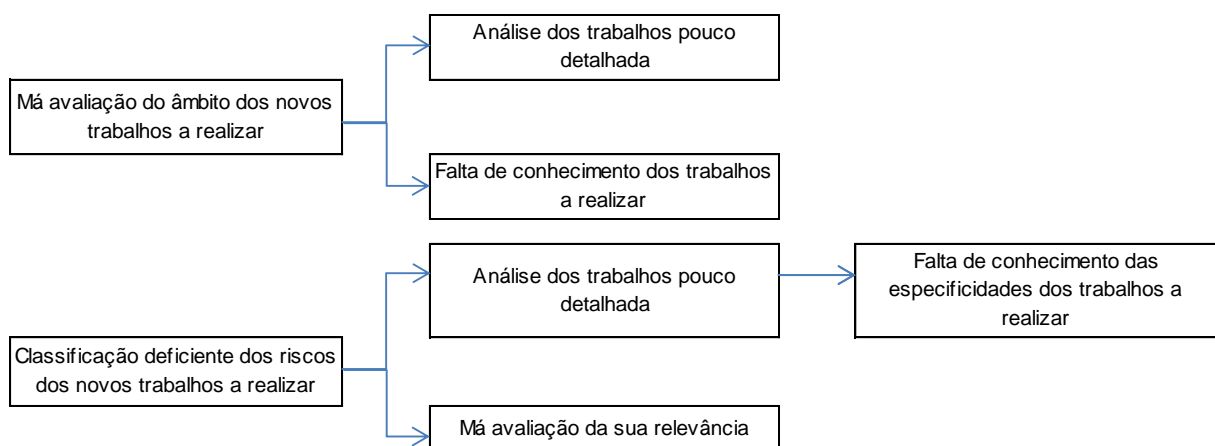
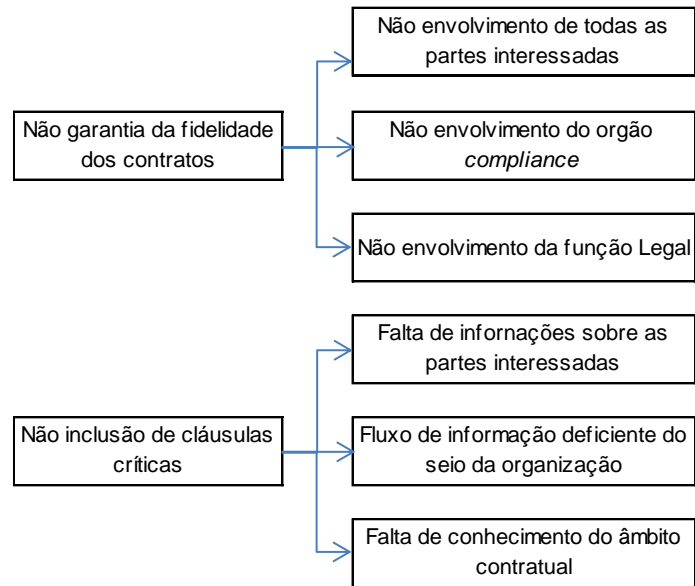
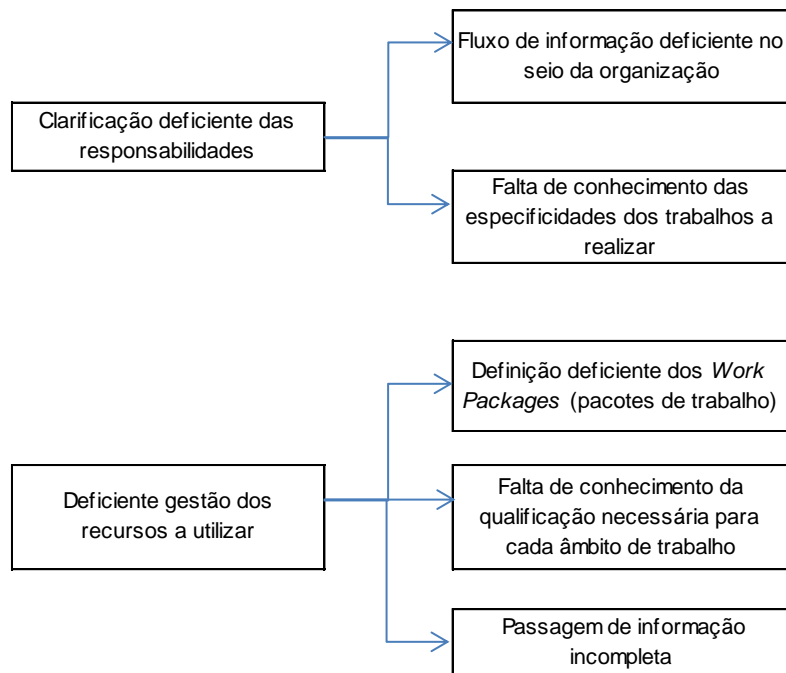


Figura 8.18 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.4

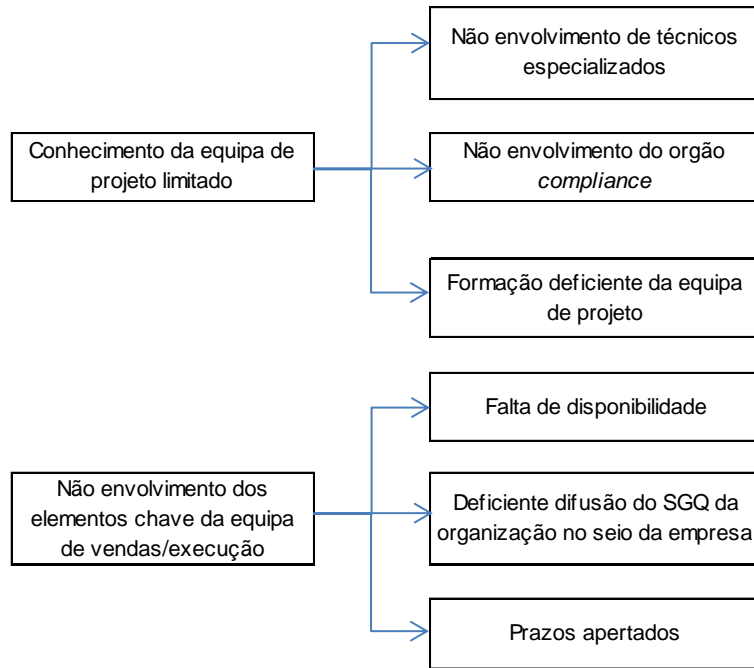


**Figura 8.19 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 2.5**

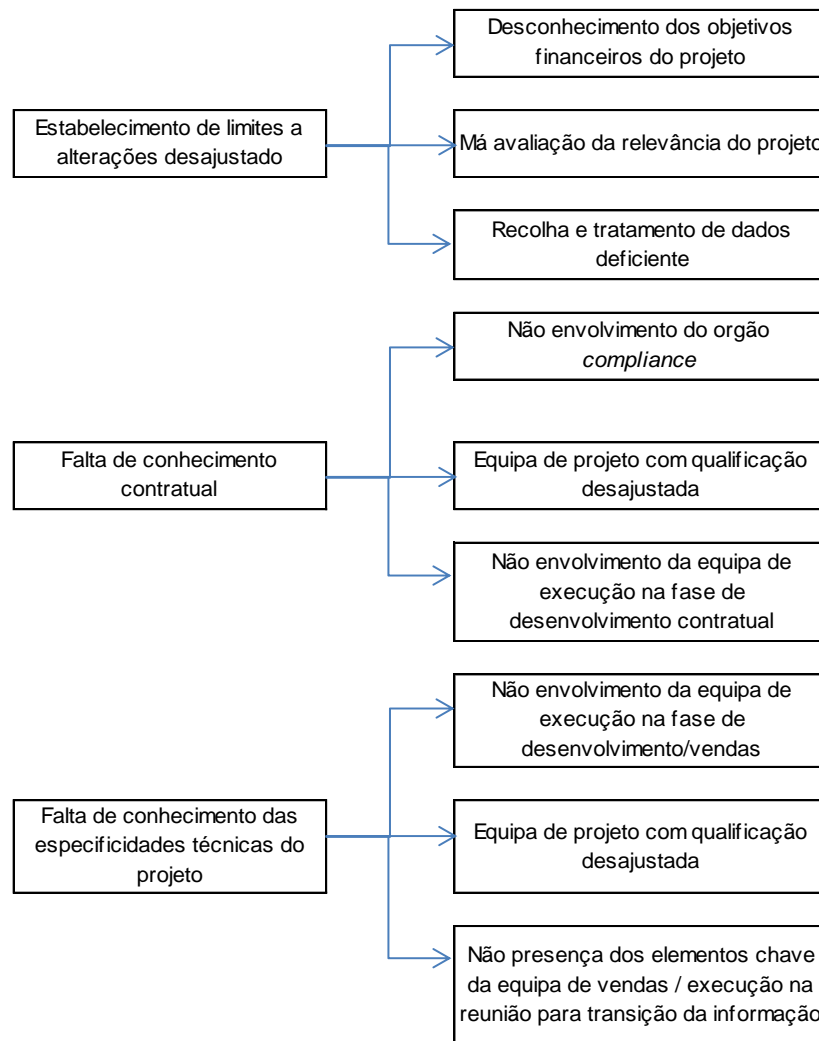


**Figura 8.20 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.1**





**Figura 8.21- Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.2**



**Figura 8.22 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.3**

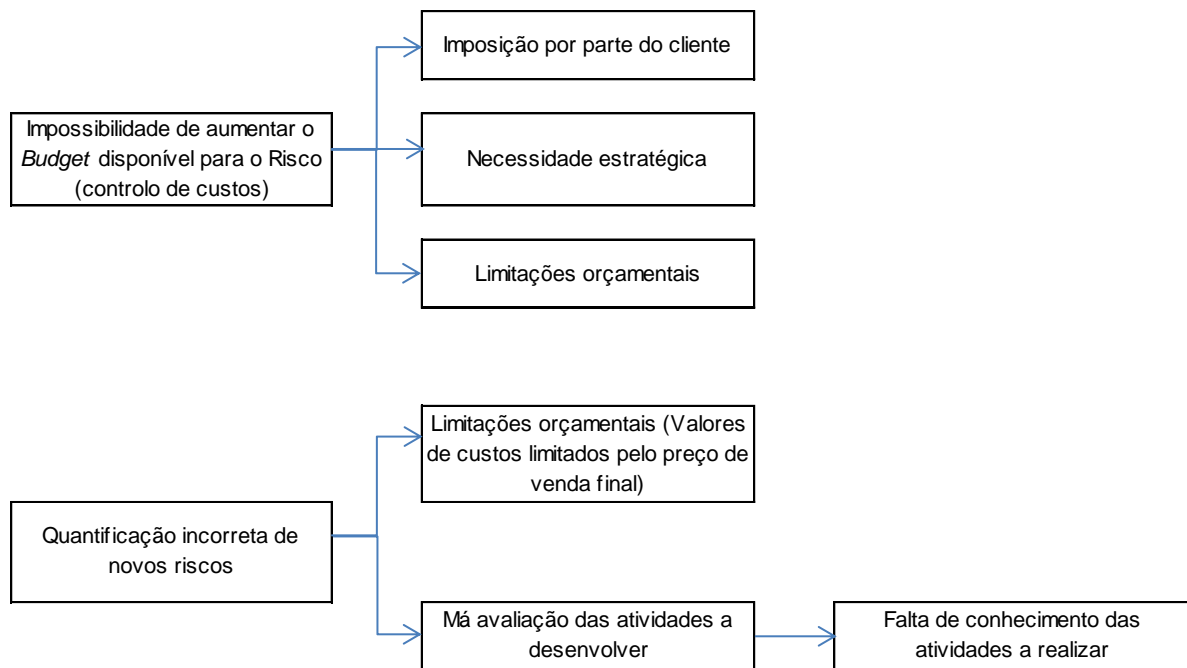


Figura 8.23 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.4

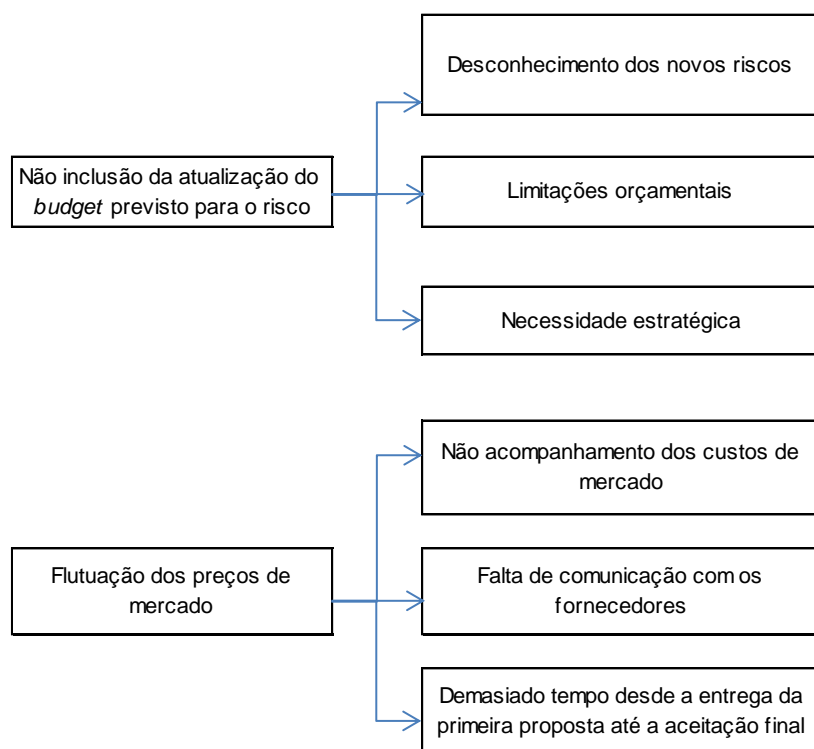


Figura 8.24 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.5

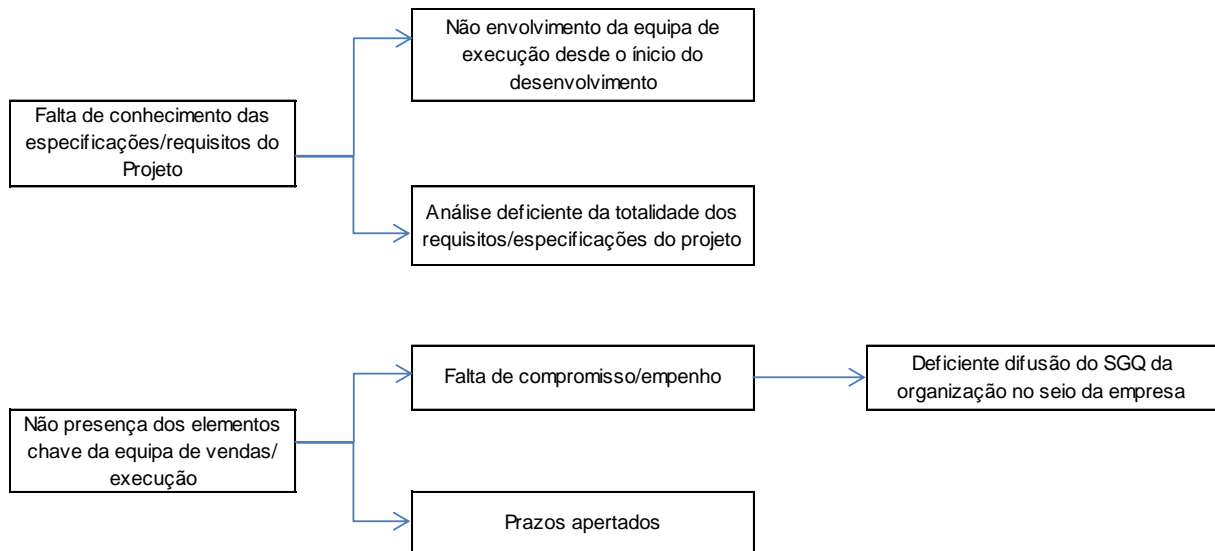


Figura 8.25 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.6

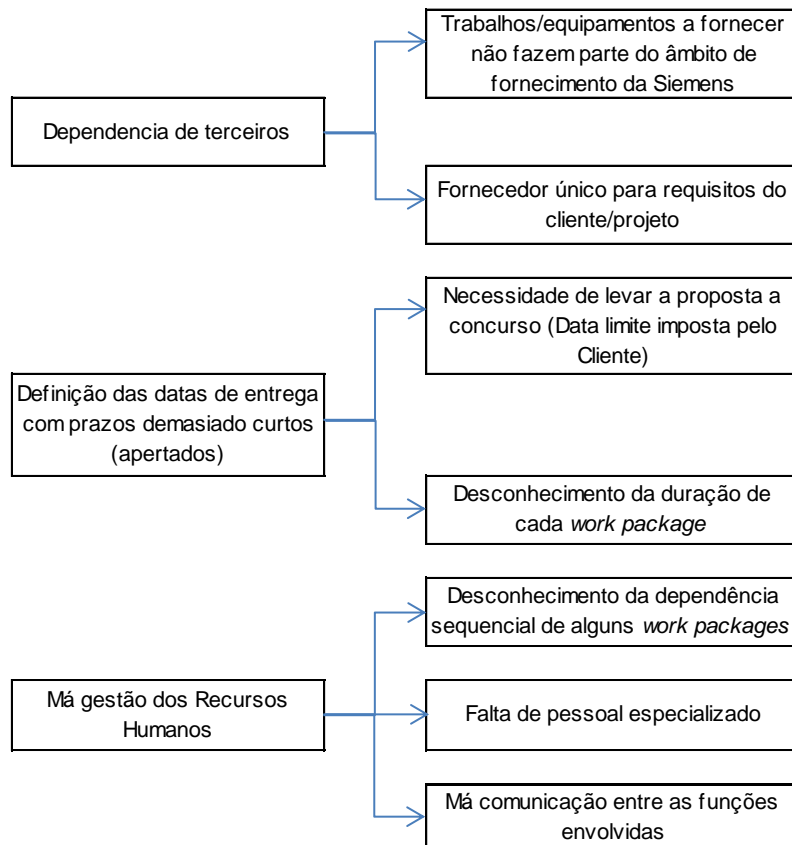
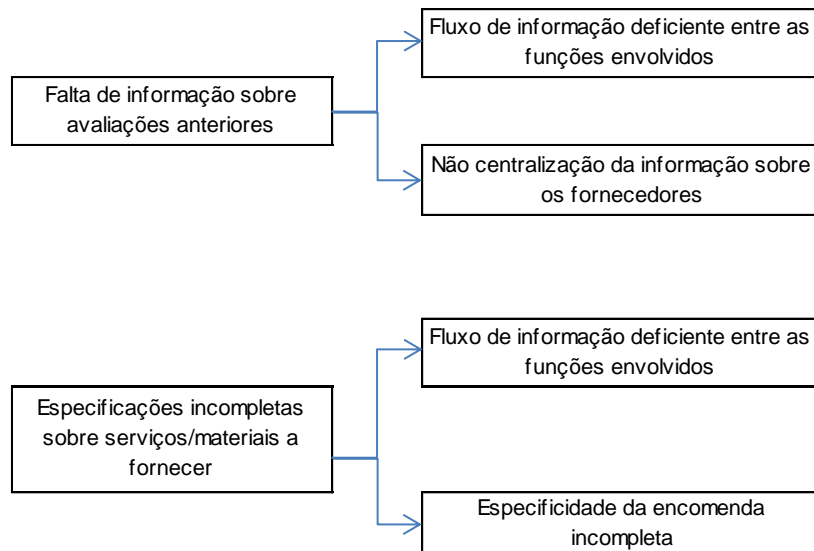
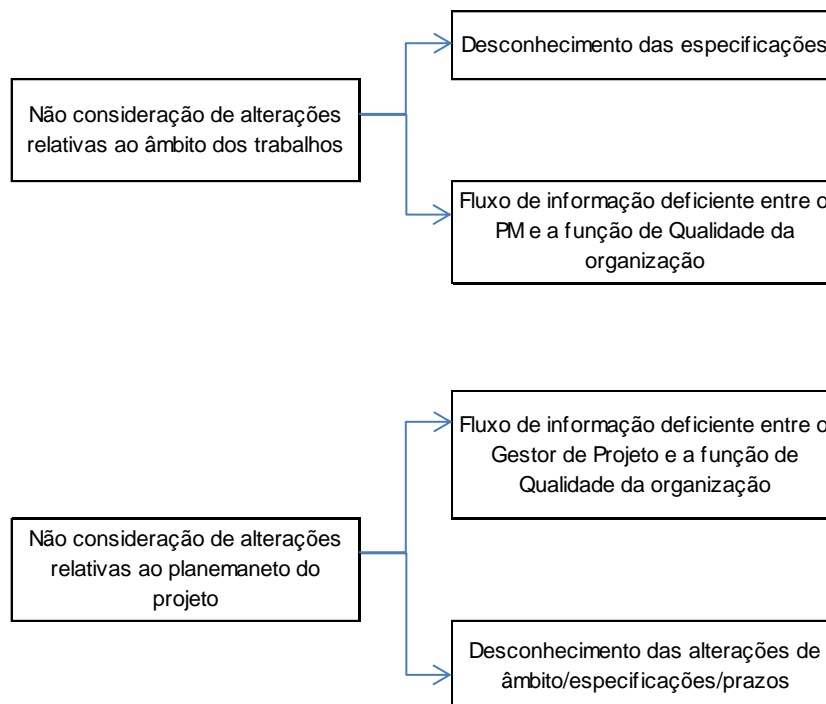


Figura 8.26 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.7



**Figura 8.27 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.8**



**Figura 8.28 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.9**

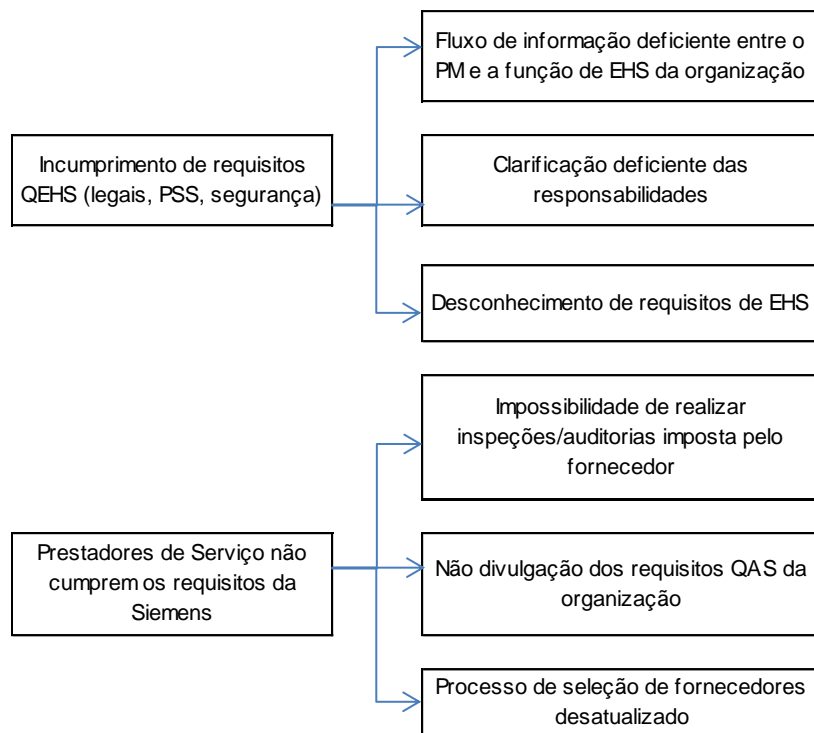


Figura 8.29 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.10

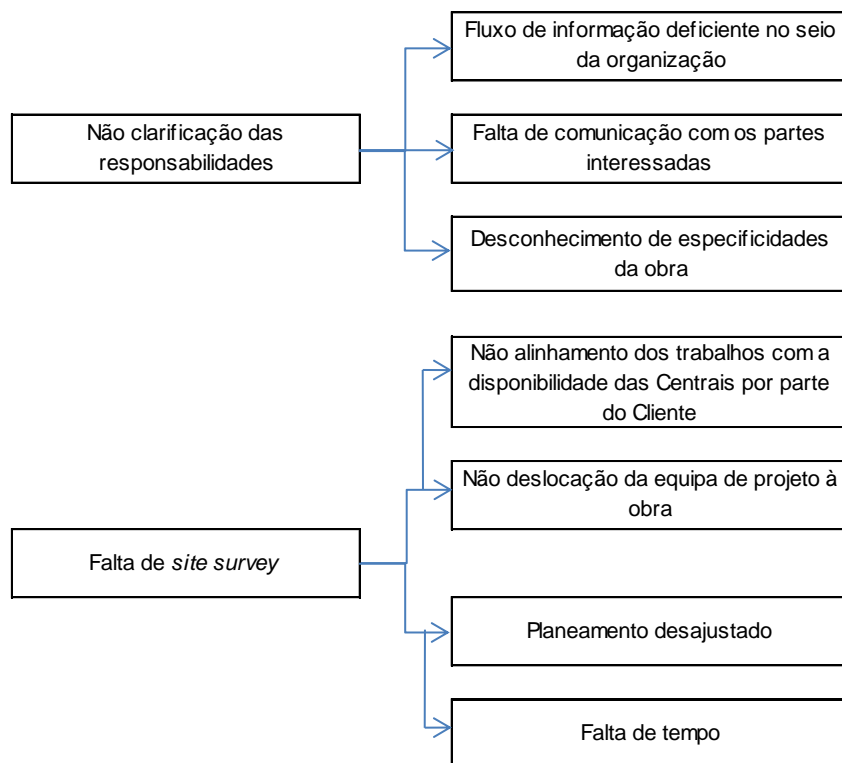


Figura 8.30 - Diagrama em Árvore para os modos de falha da etapa 3.11